

Gutachten

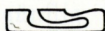
über das

Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat

von

Professor Dr. Bruno Doh.

(Mit einer Tafel).



Universitas Dorpatensis
Bibliotheca
Instituti zool. pract.
№ ~~547~~ 557

Riga.

Gedruckt in der Müller'schen Buchdruckerei.

1906.

Durch Schreiben des Herrn Stadthaupt B. v. Grewingk vom 9./22. Juli 1906, dem mündliche Besprechungen vorangegangen, erhielt der Unterzeichnete den Auftrag, die bisher ausgeführten Vorarbeiten zu einer projektirten Wasserleitung der Stadt Dorpat vom geologischen Gesichtspunkte aus einer Begutachtung zu unterziehen und im speciellen der Frage näher zu treten, ob durch die geologischen Verhältnisse der Umgegend Dorpats eine Gewähr für eine dauernde Ergiebigkeit der Grundwasserquellen am Malzmühlenteiche gegeben und überhaupt die Brauchbarkeit dieser letzteren für eine städtische Wasserversorgung erwiesen sei.

Die bisher ausgeführten Vorarbeiten zu dem Projekte der Ausnutzung des Malzmühlengrundwasserstroms für eine städtische Wasserleitung sind niedergelegt in zwei Veröffentlichungen des Universitäts-Architekten Herrn R. Guleke: „Ueber Lage, Ergiebigkeit und Güte der Brunnen Dorpats“ (Arch. f. d. Naturf. Liv-, Est- u. Kurl. 1. Ser. Bd. IX. 1889, p. 289—348 und Sitzungsber. d. Dorp. Naturf.-Ges. Bd. IX. 1890, p. 70—88), sowie in zwei Gutachten des Regierungs-Baumeisters Herrn A. Gleitzmann, Civil-Ingenieur in Dresden: 1) „Gutachten über eine Wasserversorgung der Stadt“; 2) „Gutachten über einen zur Wasserversorgung der Stadt ausgeführten Pumpversuch“ (beide gemeinsam publicirt Dorpat 1900).

Die erstere Arbeit Gulekes beschäftigt sich hauptsächlich mit den Untersuchungen über die Versorgung der Universitätsinstitute mit einem besseren Brunnen-(Grund-)Wasser im Vergleich zu dem vorher verwandten, häufig sehr ungünstig beschaffenen Embachwasser und sucht in einem Abschnitt (p. 326—336) die Möglichkeit der Versorgung der ganzen Stadt mit Wasser aus dem Malzmühlengrundwasserstrom darzulegen.¹⁾ Die zweite Arbeit desselben Verfassers ist speciell den Malzmühlenquellen gewidmet und versucht deren Speisgebiet noch genauer, als vorher geschehen, zu fixiren. Die Gutachten A. Gleitzmanns enthalten Quantitätsbestimmungen der beim Malzmühlenteich zum Austritt gelangenden Grundwasserquellen, Bemerkungen zur hygienischen Beurtheilung derselben, einen generellen Baukostenvoranschlag und eine Rentabilitätsberechnung.

1) Die in dieser Arbeit sich findenden Abshweifungen auf geologisches Gebiet bewegen sich vielfach auf unrichtigem Boden.

Um nach Kenntnißnahme der in diesen Publikationen niedergelegten, theils auf exakten Beobachtungen, theils aber auch auf spekulativen Betrachtungen beruhenden Daten zu einem endgiltigen Urtheil über den Malzmühlengrundwasserstrom, sowie überhaupt über die der Stadt Dorpat im allgemeinen zur Verfügung stehenden Wasserversorgungsmöglichkeiten zu gelangen, führte der Unterzeichnete Ende Juli eine Reihe von Exkursionen in die nähere und weitere Umgebung der Stadt aus, welche sich gegen Norden bis in das Seengebiet von Sadjerw-Kajaser erstreckten.

Im folgenden soll nun zunächst ein Ueberblick des geologischen Baues und der hydrologischen Verhältnisse der Umgegend Dorpats gegeben werden, worauf die Frage nach der Ergiebigkeit und Brauchbarkeit des Malzmühlengrundwasserstromes ihre Erledigung finden wird.

I. Der geologische Aufbau und die hydrologischen Verhältnisse von Dorpat und Umgegend.

In der Dorpater Gegend sind drei geologische Formationen entwickelt und zwar 1) zu unterst, auf den archaischen Gneissen ruhend, die kambrisch-silurische Formation, in ihren oberen Gliedern durch über 100 m mächtige Kalksteine repräsentirt, unter denen Sandsteine und Thone lagern. Diese Schichten fallen sehr schwach gegen Süden ein und werden beispielsweise im Untergrunde Dorpats mit ihren obersten Horizonten möglicherweise schon in einer Tiefe von ca. 60 m unter dem Nullpunkt des Embachpegels angetroffen (näheres siehe Seite 37). Südlich einer von Tamnik a. d. Pedja nach Koddaser am Peipus streichenden Linie legt sich über die silurischen Schichten 2) die devonische Formation, die sich aus lockeren Sandsteinen zusammensetzt, welche in verschiedenen und wechselnden Horizonten von dolomitischen Thon- und Mergelschichten, untergeordnet auch thonigen Dolomiten, durchschossen werden. Diese bald stärkeren, bald schwächeren Thon- und Mergelschichten behalten selten auf größere Erstreckungen ihre Mächtigkeit bei, verzüngen sich vielmehr meist in kürzerer oder längerer horizontaler Distanz zu dünnen Lagen oder keilen ganz aus. Die Gesteine der Devonformation sind innerhalb des Stadtterritoriums an verschiedenen Stellen (z. B. Kalk-, Berg-, Rosen-, Tschelfersche Straße) in Profilen entblößt, außerhalb stehen sie z. B. bei Arrokkülla, Mütta, Marrama, am Waffula- und Kobratofrüge an. Aus den städtischen Aufschlüssen, die früher besser als gegenwärtig gewesen sein müssen, schloß schon Prof. C. Grewingk auf einen von NNW nach SSO streichenden Faltenfattel der devonischen Schichten, die sich bis ca. 21 m über den Embachspiegel erheben. Die Sattellare dieser Falte verläuft in der angegebenen Richtung ungefähr durch die Altstadt (horizontale Lagerung der Schichten in der Tschelferschen Straße),

während der Stadttheil am linken Embachufer bereits auf den östlichen Sattelflügel zu liegen kommt (Einfallen der Schichten hier 1 bis 3° gegen ONO). Das Wiederauftauchen devonischer dolomitischer Mergel am Kobratofrüge scheint auf einen zweiten, dem Dorpater parallel verlaufenden Faltenwurf zu deuten. Eine Kombination der natürlichen Aufschlüsse und der in Dorpat ausgeführten Bohrungen ergibt für die Mächtigkeit der Devonischen daselbst ca. 65 m.

Ueber dem Devon lagert 3) die aus Diluvium und Alluvium sich zusammensetzende Quartärformation. Die mit der einstigen Vergletscherung des Baltikums im engsten genetischen Zusammenhang stehenden diluvialen Ablagerungen bestehen vorzugsweise aus ungeschichtetem, die Grundmoräne der diluvialen Gletscher repräsentirenden Geschiebemergel und aus geschichteten fluvialen Sanden, Gränden, Kiesen und Schottern, die theils im eisfreien Vorlande beim Vorrücken der von Norden kommenden Gletscher, theils bei deren späterem Rückzuge, theils auch unter den Gletschern selbst in den Schmelzwasserflüssen zum Absatz gelangt sind. Diese geschichteten und ungeschichteten glacialen Ablagerungen besitzen in Dorpats unmittelbarer und fernerer Umgebung die weiteste Verbreitung; erstere sind für die Grundwasserversorgungsfrage der Stadt von größter Bedeutung. Die alluvialen, nachzeitlichen Sedimente werden durch die Ablagerungen der gegenwärtigen Flüsse, Bäche und Seen, durch die Bildung von Moor, Torf u. repräsentirt. Im Thale des Embachs, der in postglacialer Zeit, d. h. geraume Zeit nach erfolgtem Rückzug der Gletscher gegen Norden, sich bei Dorpat in den Sattel der devonischen Sandsteine eingeschnitten, setzt sich das Alluvium aus Torf, Wiesenmergel und Sanden zusammen und erreicht eine Mächtigkeit bis über 10 m.

Fassen wir nun die Frage ins Auge, in welchem Distrikte der Umgebung Dorpats nachweislich reichlich wasserführende sedimentäre (geschichtete) Glacialablagerungen zu erwarten sind — und zwar in einer offensichtlichen und nicht erst durch mehr oder minder kostspielige Bohrungen nachzuweisenden Art — so kommt nur dasjenige Gebiet in Betracht, welches nordöstlich der Stadt bis zum 7 km entfernten Olma Mäggi, einem die Petersburger Straße überquerenden Höhenzuge, reicht und gegen Norden hin bis in das seenreiche Gebiet von Sadjerw-Kajaser und darüber hinaus sich erstreckt, wobei es im Westen ungefähr vom Trakte der Revaler, im Osten von demjenigen der Petersburger Straße begrenzt wird.

Das Gebiet im Umkreise Dorpats von Nordwest über West nach Süd hat hierbei ganz außer Betracht zu bleiben und zwar, völlig abgesehen von seiner moorreichen Beschaffenheit, aus Gründen, die sich aus den sogleich darzuliegenden geologischen Verhältnissen des Diluviums ganz von selbst ergeben.

In dem oben skizzierten Terrain nordöstlich und östlich Dorpat treten zwei ausgesprochene glaciale Landschaftstypen auf: die Grundmoränen- und die Drumlinlandschaft. Erstere charakterisiert sich durch mehr oder minder stark kuppenartige, oberflächlich aus Grundmoränenmaterial bestehende zahlreiche Hügel in vollkommen wirrer, unregelmäßiger Anordnung, zwischen denen sich ebensoviele Einsenkungen erstrecken, die meist von Moor oder Torf oder auch Wasseransammlungen (rundliche Pfuhle, unregelmäßig gestaltete Seen) z. Th. erfüllt sind. Stellenweise ist diese Grundmoränenlandschaft sehr stark kupirt, wie z. B. westlich von Rikiver, bei Karriker, am Mollag-See und 1 km nördlich vom Röömufrug, anderwärts geht sie in ein mehr ebenflächig entwickeltes Gebiet, d. h. in ebene bis ganz flachwellige Flächen über, die im übrigen denselben Aufbau besitzen wie die eigentliche kuppige Grundmoränenlandschaft; einem derartigen mehr ebenen Gebiete begegnen wir z. B. im Geländestreifen östlich vom Röömufrug über Rathshof, Arroküllä, Wahi, Marrama, Sallasee zum Wassulafuge.

Im Gegensatz zu dieser Grundmoränenlandschaft charakterisiert sich die Drumlinlandschaft durch mehr oder weniger elliptisch langgestreckte, zuweilen auch gelappte, aus Moränenmaterial bestehende Rücken, die sämtlich der Richtung der einstigen Gletscherbewegung parallel verlaufen. In typischer Weise ist eine derartige Landschaft entwickelt im Gebiete zwischen St. Bartholomäi und dem Unterlauf der Amme mit einer südöstlichen Fortsetzung von Wassula bis zur Petersburger Straße. Die zahlreichen in diesem Terrain entwickelten, von NW nach SO langgestreckten Rücken verleihen der Landschaft einen ausgesprochen streifigen Charakter, der noch mehr hervorgehoben wird durch verschiedene, zwischen ihnen eingesenkte, gleichfalls von NW nach SO langgestreckte Seen.

Sowohl jene Grundmoränenhügel als auch diese Drumlins bestehen in ihrem Kern aus glacial-fluvialen geschichteten Material; über dieses legt sich eine mehr oder minder mächtige, in der Regel ein bis wenige Meter messende Decke von Geschiebemergel resp. dessen Verwitterungs- und Ausflemmungsprodukte (Geschiebelehm, Geschiebesand). Stellenweise ragt auch das geschichtete Material am Scheitel der Rücken durch, so daß der ungeschichtete Geschiebemergel nur die Flanken der Rücken bekleidet.

Es wird dies alles durch zahlreiche Aufschlüsse, die meist der Gewinnung von „Grand“¹⁾ zum Wegebau dienen und auf der beifolgenden Karte vermerkt sind, bewiesen. Auf sie des näheren hier

¹⁾ Mit „Grand“ wird in Est- und Nordlivland allgemein der Riez bezeichnet. In der Geologie bedeutet Grand einen mit größeren Beimengungen (bis Erbsengröße) versehenen Sand.

einzufragen, kann füglich unterlassen werden und sei nur erwähnt, daß die geschichteten Ablagerungen im Bereiche jener beiden Landschaftstypen sich aus einem vielfachen Wechsel von Sand, Grand, Kies und Schotter zusammensetzen. Bald wiegt Material feineren, bald solches gröberen Kornes vor. Die Mächtigkeit dieser Sedimente ist natürlich großen Schwankungen unterworfen je nach der Höhe, die die Drumlins resp. Grundmoränenlandschaftskuppen über den verdeckten Devonischen erreichen. So besitzt z. B. das Drumlin von Kelluste eine relative Höhe von 42 m, das östlich benachbarte Drumlin von Sotaga, auf dessen Kuppe man unter 1 m Geschiebelehm schon auf Sande und Kiese stößt, eine relative Höhe von 66 m, was eine Vorstellung von der Mächtigkeit der hier entwickelten fluviatilen Ablagerungen giebt. Die Aufschlüsse entblößen selbstverständlich nirgends diese letzteren in ihrer gesamten Entwicklung; in den „Grandgruben“ sind zumeist nur mehrere Meter von Kies, Grand und Sand sichtbar.

Dieser Reichtum an wasserführendem geschichteten glacialen Material ist jedoch nicht auf die Drumlinrücken allein beschränkt. In den zwischen ihnen sich erstreckenden Depressionen ruhen, meist unter Moor oder Torf, gleichfalls Sande und Kiese. Es läßt sich dies ohne auszuführende Bohrungen leicht feststellen einerseits an der sandigen Bodenbeschaffenheit einiger nicht vermoorter Einsenkungen, andererseits an dem Auftreten niedriger, in der Thalsucht gelegener Geröllrücken¹⁾ und endlich an der Natur des Grundes der der Drumlinlandschaft einverleibten Seen. So besitzt, den bei Fischern eingezogenen Erkundigungen²⁾ zufolge, der 13 m tiefe Raigastferse See in seinem nördlichen Theile kiesigen Grund, desgleichen der meist nur 5 m tiefe Rajaserse See sowie der Sadjerw (die Tiefe desselben soll bis 27 m, lokal noch mehr betragen), während die tiefsten Depressionen dieses Seebeckens wie auch der Boden des Soiz- und des 3 m tiefen Ellistfersees Schlammablagerungen tragen; unter letzteren müssen aber zweifellos auch die glacial-fluviatilen Ablagerungen entwickelt sein.

Auf diese Weise ist nachgewiesen, daß in der Drumlinlandschaft bis südlich des Ammeßflusses diluviale fluviatile Ablagerungen eine überaus vorherrschende Rolle spielen. Zur Entstehung derselben sei folgendes bemerkt.

Als die von Scandinavien und Finnland aus sich erstreckenden, jedenfalls weit über 1000 m mächtigen Inlandeismassen sich infolge Ueber-

¹⁾ Man beachte z. B. den 5 m hohen kleinen, ausschließlich aus Schotter und Kies zusammengesetzten Rücken, der westlich von Mulla mitten in der torfigen Niederung zwischen dem Moijama- und Mulla-Drumlin gelegen.

²⁾ Damit stimmen die Ergebnisse überein, zu denen M. von zur Mühlen bei seinen Seeuntersuchungen gelangt ist (vergl. Sitzungsber. d. Dorpater Naturf.-Ges. Bd. XIV. Heft 2. 1906).

wiegens der Abschmelzung gegenüber dem Nachschub aus dem mittleren Rußland bis nach Estland zurückgezogen hatten, verlief in der Richtung von Jensef über Weßlershof hinaus und westlich davon ein gewaltiger Schmelzwasserstrom. Zu einem gewissen Theile bewegte sich derselbe in der oben erwähnten Faltenmulde des silurisch-devonischen Schichtenkomplexes, deren westlicher Flügel über Dorpat nach NNW und deren östlicher Flügel in gleicher Richtung über den Kobratofrug hinstreicht.¹⁾ Durch jenen Schmelzwasserstrom wurden die vorher unter dem Eise abgelagerte Grundmoräne (Geschiebemergel) und etwaige präglaciale Sande und Kiese, die beim Vorrücken der Gletscher aus Norden sich im eiszfreien Vorlande abgesetzt hatten, verarbeitet: die feineren Bestandtheile (Thon, Feinsand) wurden weiter fortgeführt, die gröberen (Sand, Kies, Schotter) lagerten sich im Flußbett bald hier, bald dort, je nach den gegebenen Strömungsverhältnissen, ab. Diese Sedimente stellten keine ebene Fläche dar, sondern wellten in gewaltigen Kiez- und Sandbänken auf und ab, wie denn auch heutzutage z. B. im eiszfreien Vorlande der isländischen Gletscher innerhalb der aufgeschütteten Gletscherstromabfäke — der sog. Sandr — sehr beträchtliche Höhendifferenzen, stellenweise selbst bis zu 100 m, auftreten. Als nun später ein neuer Vorstoß des skandinavisch-finnischen Gletschereises gegen Süden sich einstellte, erlitten die gewaltigen Sand- und Kiezbänke des erwähnten Stromthales, sei es durch die in die Stromfurchen zunächst eindringenden Gletscherzungen, sei es bei der bald darauf erfolgenden allgemeinen Bedeckung mit mächtigem Gletschereise, an vielen Orten eine Aufstauchung, vielleicht auch eine Schleppung zu langgezogenen Rücken, die alsbald mit einer neuen Grundmoräne, dem gegenwärtig überall weit verbreiteten oberen rothen Geschiebemergel, überkleidet wurden. Auf diese Weise entstanden innerhalb des alten gewaltigen Stromthales dort, wo die Eispressungen am stärksten gewesen und der Gletscher wie ein gewaltiger Pflug in die Kiezmassen einschnitt (Bildung der Seengruppe nördlich Dorpat), die Drumlin's; wo die Pressung geringer gewesen, die Grundmoränenhügel. Auf den Ufern jenes alten Stromthales, bis zu denen die Geröllablagerungen nicht hinaufreichten, legte sich der obere Geschiebemergel direkt auf die anstehenden devonischen Sandsteine, wie z. B. in dem Striche zwischen der Sandstraße in Dorpat bis kurz vor dem Wassulafuge, resp. auf die silurischen Kalksteine, wie westlich Kerfel.

Wie schon erwähnt, haben wir uns vorzustellen, daß der alte diluviale Schmelzwasserstrom nördlich der Amme in Folge der Aufschüttung großer Kiez- und Sandbänke sich vielfach in parallel verlaufende und häufig sich wieder vereinigende Betten zerteilte. Im Gebiete südlich der Amme lassen sich derartige Verhältnisse weniger leicht rekon-

1) Ein anderer Theil des Schmelzwasserstroms benutzte eine sich östlich an die obige anschließende devonische Mulde.

struiren, da hier die Drumlinlandschaft allmählich verschwindet und an ihrer Stelle die unregelmäßige Grundmoränenlandschaft eine viel größere Ausbreitung besitzt. So viel ist aber sicher, daß ein Stromarm über den Sallasee, an Wahi vorbei nach Rathshof und Dorpat verlief — über ihn werden, da er den Malzmühlengrundwasserstrom führt, sogleich nähere Daten gebracht werden — während ein oder mehrere ähnliche Arme (wenigstens mit größter Wahrscheinlichkeit) östlich Weflershof nach Sarratus und Rawast verliefen, wo faust- bis kopfgroße Geröllablagerungen nachgewiesen worden sind.

Schon vor dem erstmaligen Anrücken der Gletschereismassen hatte ein Schmelzwasserstrom den Sattel der devonischen Schichten in Dorpat durchschnitten und hier eine an der Plateauoberfläche 450—500 m breite und bis unter das (erst später entstandene) Embachbett reichende Ausfurchung hervorgerufen. Die nördliche Uferkante dieses im Stadtbereiche von NO nach SW verlaufenden präglacialen Thales streicht von der Sandstraße zum oberen Theil der Botanischen Straße und zur Lehmstraße, die südliche Uferkante läuft ca. 80 m nordwestlich der Bergstraße parallel zu dieser und schneidet von hier aus auf die Sternwarte zu, um etwas südlich ausbuchtend ungefähr im Trakte der Leichstraße weiter zu verlaufen. In dieser bereits von Prof. C. Grewingk¹⁾ festgestellten und später von Guleke²⁾ auf Grund von Brunnenuntersuchungen nochmals dargestellten Dorpater Ausfurchung wurde von dem anrückenden Gletschereise zunächst als Grundmoräne ein gelblich-grauer (unterer) Geschiebemergel abgesetzt, der nach erfolgtem Rückzug des Eises von Schmelzwässern bis auf gewisse, den oberen oder höheren Theil der beiden Furchenwände bekleidende Reste erodirt, d. h. fortgewaschen wurde. An der südöstlichen Thalböschung besitzt dieser Rest eine Mächtigkeit von 4—6 m und zieht sich bis zu ca. 140 m von der Uferkante in die Ausfurchung herab.³⁾ Jene Schmelzwässer setzten später gewaltige Massen von Schotter, Kies, Grand und Sand ab, durch die die Ausfurchung innerhalb der devonischen Sandsteine völlig erfüllt wurde. Beim zweiten Vorrücken der Gletscher legte sich über diese fluviatilen Massen — ebenso wie über die Sande und Kiese der Drumlinz — der obere rote Geschiebemergel, der aber im Bereiche der Ausfurchung während der nächstfolgenden Gletscherrückzugsperiode durch Schmelzwasser zum größten Theil wiederum erodirt wurde; an seine Stelle setzten sich dann die jüngsten obersten fluviatilen Sedimente ab.

1) Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karte Liv-, Est- und Kurlands (Arch. f. d. Naturf. Liv-, Est- und Kurlands. 1. Ser. Bd. VIII, p. 437. 1879).

2) l. c. Archiv Bd. IX, Blatt I. Hier bezeichnen die NO—SW verlaufenden Theile der rothen Kontur die Uferlinien des präglacialen Thales.

3) C. Grewingk erwähnt die Existenz dieses unteren Geschiebemergels in der Ausfurchung (l. c. p. 437). In den gegenwärtig bestehenden Aufschlüssen ist von ihm nichts zu sehen, so daß obige Bemerkung über die Geschiebemergelreste sich lediglich auf die Angaben genannten Forschers stützen.

Auf diese Weise ist das gesamte präglaciale, in die Dorpater Sandsteine eingeschnittene Thal von fluvialen Massen ausgefüllt worden. Aufschlüsse, die für all dies zum Beweis dienen, finden sich vor allem in den drei Riesgruben östlich vom deutschen Kirchhofe, von denen insbesondere die ausgedehnte, auf Rathshofer Grund belegene, ca. 10 m tiefe Grube den besten Einblick in die Ausfüllungsmassen bietet. Es sind hier von der Grubensohle aus Schotter, Kies, Grand und Sand in mannigfacher Wechselagerung und häufig die sog. discordante Parallelstruktur zeigend, die für Abjazprodukte in strömendem Gewässer besonders charakteristisch ist, theils bis zur Terrainoberfläche entwickelt, theils werden sie hier noch von ca. 1 m Geschiebesand, einem Auschleppungsresiduum des oberen roten Geschiebemergels, bedeckt. Unberührte Reste dieses letzteren haben sich z. B. an der Westseite der alten Riesgrube an der Marienstraße erhalten.

Ueber die Tiefe der einstigen Ausfurchung oder, was dasselbe, über die Mächtigkeit der sie ausfüllenden Massen geben nur die im Bereiche der letzteren niedergebrachten Brunnen zum Theil einen Ausweis. Die Brunnen des deutschen und estnischen Kirchhofs, diejenigen in der Petersburger Straße № 81, Marienstraße № 17, 19 und 21, Petristraße № 23 und 31, Alleestraße № 16, 22, 24, 26 und 28 ¹⁾ reichen, den Angaben Gulekes zufolge, alle bis zu einer Tiefe von 52—63 Fuß unter Terrain. Unter Benutzung der auf der neuen Stadtkarte eingetragenen Höhenlinien läßt sich berechnen, daß die Sohle obiger Brunnen bis zu einer Tiefe von 4.4 bis 2.3 m über dem Nullpunkt des Dorpater Embachpegels an der Steinbrücke liegt (letzterer befindet sich 29.51 m über Kronstadt-Null). Der bei der 4.7 m über Embach-Null cotirenden Malzmühlenteichquelle niedergepumpte, 1.9 m tiefe Gulekesche Brunnen sitzt noch völlig im diluvialen Kies der Ausfurchung. Endlich wurden bei den Brunnen Malzmühlenstraße № 6 und Breite Straße № 23, deren Anzapfpunkte 4.5 bis 5.5 m über und deren Quellsunkte ca. 12 bis 13 m unter Embach-Null gelegen, nach C. Grewing ²⁾ zuerst bis ca. 6.4 m Aufschüttungsmassen, dann ca. 2.1 m Moor, Wiesenmergel und alluvialer Flußsand der Embachniederung und schließlich ca. 4.3 m devonischer Sand und Thon durchdrungen. Hiernach reicht also das devonische Grundgebirge an den beiden letztgenannten Brunnenstellen bis zu ca. 4 m unter Embach-Null. Selbst unter der Annahme, daß hier 1 bis 2 m der devonischen Schichten vom Embach erodirt worden sein sollten, und unter Berücksichtigung dessen, daß die Kiese und Sande

¹⁾ Diese wie auch die weiter unten angegebenen Hausnummern entsprechen der auf der älteren, von Guleke benutzten Stadtkarte eingetragenen Nummerirung.

²⁾ Ueber die Beziehungen der geologischen Verhältnisse einiger Dorpater Brunnen zu deren Gehalt an Salzen (Sitzungsber. d. Dorpater Naturf.-Ges. Bd. VII, p. 323. 1885).

bei der städtischen Kiesgrube am Friedhofe bis zu 24 m über Embach-Null reichen, würden sich für die Mächtigkeit der die präglaciale Ausfurchung nordöstlich vom Malzmühlenteich ausfüllenden fluviatilen Massen ca. 26 m ergeben.

Nun hat aber nach C. Grewingk¹⁾ das 91 m tiefe, in 32.6 m über Embach-Null angelegte Bohrloch in der Rathshofer Dampfmühle ausschließlich diluviale Ablagerungen durchsunken; ferner hat nach derselben Quelle der 72 m tiefe, ca. 11 m über Embach-Null angelegte Bohrbrunnen in Jama das Devon nicht erreicht, sondern auf seinem Grunde nur rötlichbraunen unteren Geschiebemergel nebst Diluvialgerölle aufgedeckt. Aus den Bohrerresultaten dieser bis rund 60 m unter Embach-Null reichenden Brunnen muß der Schluß gezogen werden, daß eine im Vergleich zur Malzmühlenausfurchung viel tiefere Hauptausfurchung der devonischen Sandsteine bei Rathshof-Jama existirt. Ueber die wahre Tiefe derselben können, da das devonische Grundgebirge bei keiner der Bohrungen erreicht worden ist, keine Angaben gemacht werden; so viel ist nur sicher, daß sie, in Unbetracht der Höhenlage der obersten devonischen Sandsteine in der Nachbarschaft mit ca. 20 m über Embach-Null, über 80 m beträgt. Hieraus ergibt sich aber der weitere Schluß, daß die ca. 26 m tiefe, durch Dorpat hindurchziehende Malzmühlenausfurchung nur eine leichtere Abzweigung jener Rathshofer Hauptausfurchung darstellt. Wo diese Abzweigung beginnt, läßt sich ohne Bohrungen nicht mit voller Sicherheit sagen. Sehr wahrscheinlich ist es aber, daß sie wenig nördlich der Friedhöfe gelegen.

Für die später zu erörternde Frage der unbeschränkt anhaltenden Ergiebigkeit des in dieser Abzweigung verlaufenden Malzmühlengrundwasserstroms ist es nun von Bedeutung, den Verlauf des präglacialen ausgefüllten Thalesstroma aufwärts soweit als möglich zu verfolgen.

Als Anhaltspunkte hierfür dienen folgende Beobachtungen: Der von Rathshof nach Wahi führende Weg überschreitet, ungefähr 200 m von der Petersburger Straße beginnend, eine mehrere hundert Meter breite, bis an die Oberfläche tretende Kieszone. Diese Kiese setzen sich in, von der Petrikirche aus gerechnet, genau nördlicher Richtung über die Rathshofer Felder fort; weiterhin werden sie von grand- und kieshaltigen Sanden (Aufschlüsse in der Weide östlich Wahi) ersetzt, die sich in den in einer flachen Niederung gelegenen Heuschlägen nordöstlich Wahi (hier in den Entwässerungsgräben Flußsande und Kiese unter Torf und z. Th. Wiesenmergel anstehend) in der Richtung auf den Sallasee zu verfolgen lassen. Einige hundert Meter südlich des letzteren beginnt über diese Stromsedimente sich eine Decke von Geschiebemergel

¹⁾ l. c. Sitzungsb. VII, p. 321.

zu legen, während ca. 1 km westlich des Sees in einer ganz flachen Depression (Heuschlag) die Sande noch eine Strecke weit gegen Norden bis an die Oberfläche treten, um dann aber auch von Grundmoränenmaterial überlagert zu werden. Dieser obere Geschiebemergel besaß ursprünglich eine größere Verbreitung gegen Süden, wurde hier aber nachmals unter Zurücklassung einzelner erratischer Blöcke erodiert.

Das Westufer des auf diese Weise von Dorpat aus gegen Norden verfolgten alten Stromthales bildeten die gegen ONO einfallenden devonischen Sandsteinschichten ungefähr $\frac{1}{2}$ km östlich der Revaler Straße. Die Geschiebemergeldecke zieht sich zwar bis etwa 1 km ostwärts der genannten Straße, lagert aber hier bereits über fluviatilen Sanden (z. B. im Brunnen von Wahi). Das ursprüngliche Ostufer jenes Stromthales läßt sich infolge der hier auftretenden Moränen- und Drumlinlandschaft nicht genauer rekonstruieren; immerhin darf es aber als einigermaßen wahrscheinlich angesehen werden, daß das Ufer ungefähr den auf der beiliegenden Karte verzeichneten Verlauf befehlen haben mag.

Zweifellos ist festgestellt, daß innerhalb dieses alten Strombettes der Sallasee gelegen. Derselbe ist nach M. von zur Mühlen im Norden 4–6 m tief und birgt hier mächtige Schlammablagerungen, am Südeinde aber 13–14 m tief mit festem Untergrunde.¹⁾ Seine Sohle reicht nach Gulekes Messungen bis 1.2 m unter Embach-Null. Ohne sichtbaren Zufluß und allseitig oberflächlich im Bereiche der Geschiebemergeldecke liegend, muß er schon in geringer Tiefe die wasserführenden diluvialen Stromsedimente durchsetzen, stellt also einen echten kleinen Grundwassersee dar.

Nur nebenbei sei hier noch bemerkt, daß von dem soeben festgestellten diluvialen Strombett möglicherweise ein kleiner, sehr seichter Seitenarm bei Arroksilla sich abzweigte, wo statt des Geschiebemergels ein Geröllager direkt auf den Sandsteinen ruht.

Die Fortsetzung der Malzmühlenausfurchung gegen SW über Dorpat weiter zu verfolgen, hat für den vorliegenden Zweck keine Bedeutung, da auf dieser Seite des Embachthales ihre Wasserführung aus naheliegenden Gründen eine viel geringere als jenseits, mithin bei starker Beanspruchung leicht erschöpfbar sein muß. Denn es handelt sich hier nicht mehr um unterirdische, von weither kommende Ströme, sondern um die eingesickerten atmosphärischen Niederschläge eines höchstens bis Kenningshof reichenden Gebiets, die rückläufig im ausgefüllten diluvialen Strombett gegenwärtig dem zur Altalluvialzeit eingeschnittenen Embachthale ausfließen, was u. a. durch den Austritt verschiedener, aber wenig ergiebiger Quellen im botanischen Garten, sowie durch die Wasserführung der im Kiese sitzenden Brunnen des Bahnhofstraßen- und Domgebietes ersichtlich wird. Nur erwähnt

¹⁾ Guleke fand im Norden 9 m, in der Mitte 11 m, im Süden 16 $\frac{1}{2}$ m Tiefe

sei noch, daß jener diluviale Malzmühlenstrom seine Richtung gegen SW beibehielt, da die von C. Grewing¹⁾ nachgewiesenen, bis 30 m unter die höchsten Dorpater Devonischen reichenden Ausfurchungen der devonischen Sandsteine beim Gefinde Watti an dem in die Elwa fallenden Keri-Dia-Bache und am Wina-Merdi oberhalb der Woikamühle (zwischen Rüggen und Station Elwa), sowie bei Hellenorm sicher diesem Diluvialstrome zuzuschreiben sein dürften.

Die Ergiebigkeit des Malzmühlengrundwasserstromes.

Die geologische Untersuchung hat ergeben, daß in dem nördlich bis östlich von Dorpat gelegenen Gebiete diluviale fluvatile Ablagerungen eine große Verbreitung besitzen und in weitgehendem Maße unter einer mehr oder minder dicken Decke von Geschiebemergel entweder zu Drumlins bez. Grundmoränenhügeln aufgestaucht worden sind oder unter einer mehr flachwelligen Grundmoränenlandschaft sich verbergen. Ueberall nun, wo die Grundmoränenlandschaft in den Vordergrund tritt, kann sich im allgemeinen eine inductive hydrologische Forschung nicht mehr auf gesetzmäßigem Boden bewegen; denn wenn auch die Grundmoränenhügel einen fluviatilen Kern besitzen, so wird doch durch den fortwährenden Wechsel der tektonischen Verhältnisse desselben ein inductiver Schluß über ihren hydrologischen Zustand zur Unmöglichkeit gemacht und nur mehr oder minder zahlreiche Bohrungen könnten Aufschluß hierüber geben.²⁾

Anders stellt sich die Sache dort, wo das in Gletscherströmen zur Ablagerung gebrachte fluvatile Diluvium unberührt geblieben oder doch nur theilweise später zum Kern der Drumlins mit sattelförmigem Schichtenbau aufgestaucht worden ist. Nur bei solchen einfachen stratigraphischen Verhältnissen besitzen auch die hydrologischen Verhältnisse eine inductiv leicht feststellbare Gesetzmäßigkeit und in solchem Gebiete hat demnach auch die hydrologische Untersuchung im vorliegenden Falle einzusetzen.

Mächtige diluviale Kies- und Sandablagerungen sind, wenn nicht gerade exceptionelle geologische Erscheinungen vorliegen, stets auch Träger von Grundwasserströmen, und daß dies auch bei dem mit ge-

¹⁾ Erläuterungen l. c. p. 417 und Sitzungsber. d. Dorp. Naturf. = Ges. VIII, p. 236.

²⁾ Deswegen sind auch die Darlegungen Guletes (vergl. Archiv Bd. IX, p. 304 ff. mit Blatt III, sowie Sitzungsber. Bd. IX, p. 71 ff.) über das Speisegebiet des Malzmühlengrundwasserstromes, das er über einen großen Theil der ihm in ihrer hydrologischen Bedeutung wohl unbekannt gebliebenen Grundmoränenlandschaft verlegt, rein hypothetisch und bedeutungslos (ganz sicher auch zum großen Theil nicht zutreffend), ganz abgesehen davon, daß die von ihm versuchte Ermittlung der jährlichen Versickerungshöhe (der im Boden verbleibenden Infiltration) von so vielen, z. Th. unter einander in Wechselwirkung stehenden Factoren abhängig ist, daß eine ziffernmäßige Auswerthung ihres Betrages unmöglich ist.

roßtem Material ausgefüllten präglacialen Malzmühlenthäl der Fall ist, wird eklatant schon durch die am und im Malzmühlenteich auftretenden Quellen sowie die benachbarten ergiebigen Brunnen vor Augen geführt. Der Beweis für die Existenz eines Grundwasserstromes ist hierdurch erbracht und es fragt sich nun zunächst, welche Quantität von Wasser er zu liefern im Stande ist.

Im allgemeinen hängt die Quantität eines Grundwasserstroms ab von seinem Gefälle und Durchflußprofil, sowie von der Durchlässigkeit des Grundwasserträgers.

Eine genaue Bestimmung des Gefälles des Malzmühlengrundwasserstromes liegt nur auf der 600 m langen Strecke zwischen dem deutschen Kirchhofsbrunnen und dem Malzmühlenteich vor und ist von Gleitsmann ausgeführt worden (siehe dessen Beilage 1). Es betrug am 15. Juni 1900 oberhalb der Alleestraße nicht 1.5 auf Tausend, wie Gleitsmann auf Seite 15 seines Gutachtens angiebt, sondern zwischen Kirchhofsbrunnen und Marienstraße 0.62‰, zwischen Marien- und Alleestraße 1.3‰, im Durchschnitt also nur 0.96‰ für die Strecke Kirchhofsbrunnen—Alleestraße. Unterhalb der Alleestraße bis zum Malzmühlenteich steigt es auf 3.26‰. Für die Gefällsverhältnisse im weiteren Oberlaufe des Grundwasserstromes können, da genaue Messungen und ein Höhenschichtenplan des Grundwassers von hier nicht vorliegen, nur approximative Angaben gemacht werden. Der Sallaseespiegel cotirte nach Gulekes Messung (Frühjahr oder Sommer 1888?) mit $49\frac{11}{12}$ Fuß = 15.21 m über Embach-Null, der Spiegel des deutschen Kirchhofsbrunnens nach Gleitsmann (Messung am 15. Juni 1900) mit 2.875 Faden = 6.13 m über Embach-Null. Die Differenz beträgt 9.08 m, die Entfernung beider Orte 5100 m, woraus sich ein Gefälle von 1.78‰ ergibt. Setzt man unter Berücksichtigung dessen, daß ja jene Messungen zu verschiedenen Zeiten ausgeführt worden sind und daß der Rand des Seespiegels keineswegs vom Stande des Grundwasserstroms allein abhängig zu sein braucht, sondern nach einer Periode starker Niederschläge sich über denselben erheben, nach anhaltender Trockenheit sich unter denselben senken kann, jene Differenz um 1 m geringer an (nach Aussage des örtlichen Buschwächters soll der Seespiegel im Herbst ca. 3 Fuß tiefer liegen als im Frühjahr), so ergibt sich immer noch ein Gefälle von 1.58‰.

Es zeigt sich mithin, daß das Gefälle des Grundwasserstromspiegels auf der Strecke vom Sallasee aus südwärts im Durchschnitt nicht unerheblich größer ist als in der nächsten Umgebung des Kirchhofsbrunnens. Die Ursache dieser Gefällsänderung kann in verschiedenen Momenten begründet liegen; welche im vorliegenden Falle maßgebend sind, soll, da es sich, ohne genauere hydrologische Untersuchungen zur Hand zu haben, doch nur um Muthmaßungen oder Wahrscheinlichkeiten handeln könnte, nicht näher erörtert werden. Wir begnügen uns mit der Thatfache.

Was nun den zweiten für die Ergiebigkeit des Malzmühlengrundwasserstroms in Frage kommenden Faktor, sein Durchflußprofil, betrifft, so ist bereits erwähnt worden, daß die Sohle der Ausfurchung bis mindestens 2 m unter Embach-Null reicht und daß der Wasserspiegel im Kirchhofsbohrloch 6.13 m über Embach-Null cotirt; es ergibt sich somit eine Höhe der wasserführenden Diluvialschichten von mindestens 8 m, wozu eventuell noch mehrere Meter weniger durchlässigen devonischen Sandes bis zu den ersten wasserundurchlässigen devonischen Mergeln und Thonen kommen. Die Grundwasserstrombreite beträgt ungefähr 450—500 m. Ueber die Mächtigkeit der wasserführenden Schichten im ausgefüllten Rathshofer Hauptthal nähere Angaben zu machen, ist unmöglich, da die sehr kurzen Grewing'schen Mittheilungen über das Bohrloch der Rathshofer Dampfmühle keine genügenden Anhaltspunkte gewähren.

Die dritte für die Ermittlung der Wassermenge eines Grundwasserstromes in Betracht kommende Größe, die Durchlässigkeit der Schichten¹⁾, ist nicht bestimmt worden, da die Natur der die Ausfurchung ausfüllenden, z. Th. sehr grobkörnigen Massen auf Grund vielfach gewonnener Erfahrungen ein günstiges Resultat von vornherein gewährleistete, zumal ja auch der Austritt zahlreicher Grundwasserquellen im Mühlenteiche und dessen Nähe ohne weiteres für eine nicht unbeträchtliche Ergiebigkeit sprechen mußten.

Die momentane Ergiebigkeit der Malzmühlenquellen an zweien Tagen des Mai 1900 — welchen, wird nicht mitgetheilt — wurde von Gleitsmann durch Bestimmung der Ausflußmenge des Malzmühlenteiches mit 60.3 sl festgestellt. Außerdem war von Guleke ein im Querschnitt 9 Quadratfaden = 40.97 qm messender und 7 Fuß (2.13 m) tief in den wasserführenden Kies reichender Brunnenschacht am oberen Teichende angelegt worden, dem er bei einer Depression von 0.80 m ca. 47 sl entnehmen konnte. Um die „dauernde Ergiebigkeit“ dieses Brunnens zu bestimmen, wurde er von Gleitsmann mittels Lokomobile und Centrifugalpumpe bis zur „Erreichung des Dauerzustandes“ — d. h. bis bei gleichbleibender Fördermenge ein Sinken des Wasserspiegels im Brunnen und dessen Umgebung nicht mehr stattfindet — bewirtschaftet, und zwar 25 Tage lang: vom 16. Juni bis 11. Juli a. St. 1900. Bei einer Depression des Wasserspiegels um 1.340 bis 1.345 m schwankte gegen Ende der Versuchszeit (vom 6. bis 11. Juli), nachdem am 1. Juli der Einfluß des Teiches ausgeschaltet worden war, die durch einen selbstthätigen Registrirapparat gemessene Fördermenge zwischen 49.4 und 50.6 sl. Außerdem wurden am 8. Juli²⁾ am Ausfluß des Malzmühlenteiches 67.80 sl, d. i. 18.4 sl

¹⁾ Die u. a. von der Durchlässigkeit der Schichten abhängige Geschwindigkeit eines Grundwasserstromes wird neuerdings zumeist auf elektrischem Wege bestimmt.

²⁾ „8. Juni“ auf Seite 18 des Gutachtens von Gleitsmann ist ein Druckfehler.

mehr als aus dem Brunnen gefördert wurde, gemessen. Dieser Ueberschuß kommt auf das Konto der auch während des Pumpversuchs im Malzmühlenteich unterhalb der Fischzuchtanstalt ausgetretenen Quellen.

Zu diesen Quantitätsmessungen seien einige Bemerkungen gestattet. Die geringfügigen Ergiebigkeitschwankungen, die in der Periode vom 6. bis 11. Juli noch wahrzunehmen waren, werden von Gleitzmann auf unvermeidliche geringe Schwankungen des Lokomobilbetriebs zurückgeführt. Dies ist natürlich sehr leicht möglich. Es kann aber auch noch eine andere Ursache mit maßgebend gewesen sein. Es machen sich nämlich stärkere Niederschläge in Dorpat ziemlich rasch in einer größeren Ergiebigkeit der Malzmühlenquellen bemerklich. So hatten z. B. die heftigen Regen am 30. und 31. Juli a. St. dieses Jahres (35 und 46 mm Niederschlagshöhe) bereits am 2. August — am 1. habe ich nicht beobachtet — zur Folge, daß das Wasser beim Guletschen Brunnen aus den seitlichen Öffnungen unter der Decke austrat, was vorher nicht der Fall gewesen; es hatte sich also der Zufluß beträchtlich vermehrt. Dieses Wasserspiegeln hoher Niederschlagsmengen in der Stärke der Malzmühlenquellen spätestens schon nach 2 Tagen kann natürlich nur auf diejenigen Infiltrationen zurückgeführt werden, welche im nächstbelegenen Theile des Speisegebietes der Quellen (bis zur Ressourcenterrasse) eingedrungen sind. Nun fanden aber besonders zu Beginn jener Quantitätsbestimmungen reichliche Niederschläge statt (vom 16. bis 18. Juni a. St. 1900 27 mm, vom 19. Juni bis 9. Juli insgesamt gleichfalls 27 mm¹⁾), so daß die beobachteten Schwankungen der Fördermengen gegen Ende der Versuchsperiode wohl auch z. Th. durch ungleichmäßige Bodeninfiltrationen der näheren Nachbarschaft bedingt gewesen sein können.

Jedenfalls darf man sich durch den Gleitzmannschen Schlußsatz (p. 19): „Dem Grundwasserstrom können durch eine örtliche beschränkte Fassung mindestens 60 sl dauernd entnommen werden“ nicht zu der Ansicht verleiten lassen, als sei dieses Resultat durch die angestellten Voruntersuchungen zweifellos sichergestellt. Es muß vielmehr darauf hingewiesen werden, daß durch den 25tägigen Quantitätsversuch nur die zeitige Ergiebigkeit des Grundwasserstroms hat festgestellt werden können und daß, ohne eine genauere geologische Kenntniß des Speisegebietes der Quellen zu besitzen, man nicht die sichere Gewähr übernehmen konnte, daß man nicht von angesammelten Beständen des Stroms gezehrt hatte. Es tritt ja allerdings der Beharrungszustand bei einem Quantitätsversuch um so rascher ein, je grobkörniger das Material des Grundwasserträgers ist, und es besteht dieser bei der Dorpater Ausfurchung wohl z. Th. aus Kies; aber auch Sande nehmen sicher einen großen Antheil, besonders an den Flanken, — in welchem Be-

1) Siehe Baltische Wochenschrift 1900 № 28 und 32.

trage, ist nicht durch Bohrungen festgestellt worden. Die Erfahrung lehrt, daß bei einem nur wenige Wochen andauernden Pumpversuch man nur selten darauf rechnen darf, auch auf die Dauer dieselbe Wassermenge wie bei diesem zu erhalten — sofern man nicht gewissermaßen aus einem unerschöpflichen Vorrath zu entnehmen in der Lage ist —, denn in so kurzer Zeit pflegt sich der Beharrungszustand selten einzustellen, und es fehlt nicht an Beispielen dafür, wo man schon in den ersten Betriebsjahren die Gewißheit erlangte, die günstigen Erfolge der Versuchsanlage zu optimistisch bewerthet zu haben und zur Erweiterung der Gewinnungsanlagen gezwungen wurde.

Nun wird es ja allerdings selten möglich sein oder es wäre mindestens mit großen Kosten verbunden, die Beobachtungen und Messungen bis zu dem Zeitpunkte auszudehnen, wo das Grundwasser den niedrigsten Stand erreicht hat. Man ist demnach hier gewöhnlich auf den Weg der Schätzung angewiesen und dies führt uns zur Erörterung der für die projektierte Wasserversorgung Dorpat's ganz besonders wichtigen Frage: Besteht die Gefahr, daß der Malzmühlengrundwasserstrom zeitweilig erheblich weniger als die durch den Versuch festgestellten 50 bis 68 sl liefern könnte und hat man überhaupt eine Garantie, daß der Wasserreichtum dieses unterirdischen Stromes in ferner Zukunft keine erhebliche Einbuße erleiden wird?

Zu der ersten Frage, der Nachhaltigkeit des Grundwasseraustritts, d. h. zu seinem Verhalten nach einer längeren Trockenperiode, sei folgendes bemerkt. Unter sonst gleichen Umständen wird die Nachhaltigkeit stets um so größer sein, je tiefer die Grundwasserquelle unter der allgemeinen Terrainoberfläche gelegen und je schwieriger die Infiltration den Weg von der Terrainoberfläche bis zur Quelle zurückzulegen vermag. Die von dem letzten Regen bez. Tauwasser herrührende Bodeninfiltration wird also um so später an der Quelle erscheinen, je mehr Zeit sie zum Absinken bis auf die Grundwasserquelle gebraucht hat. Auch eine länger anhaltende Trockenperiode wird in solchem Falle die Ergiebigkeit der Quelle nicht so schnell herabsetzen, da noch lange Zeit nach dem letzten Niederschlage die Quelle speisendes Einsickerungswasser unterwegs ist und von neuem einsetzende Regen den Verlust zu ersetzen vermögen.

Betrachten wir nun im Verfolg dieser allgemeinen Erwägungen die speciellen Verhältnisse beim Malzmühlengrundwasserstrom. Wir haben das präglaciale Rathshof-Jamaer Hauptthal, von dem die Malzmühlenausfurchung nur eine leichtere Abzweigung darstellt, bis über den Sallasee hinaus, d. h. von Dorpat aus gerechnet auf eine Erstreckung von ca. 8 km, verfolgen können. Seine Breite beträgt zum allermindesten bis ca. 2 km. Alle in diesem Gebiete auffallenden atmosphärischen Niederschläge sinken, soweit sie nicht durch Verdunstung, Auf-

jaugung durch die Vegetation und oberflächlichen Kanalisationsabfluß eine Reduktion erleiden, in die Tiefe und speisen den Grundwasserstrom. Dazu kommen unter gleicher Reduktion alle jene Niederschläge, die auf dem westlichen Ufergehänge des Stromthales (östlich der Revaler Straße) einsickern und infolge des gegen Ost gerichteten Einfallens der devonischen Schichten zum Stromthale unterirdisch abfließen, desgleichen diejenigen Niederschläge, die auf dem östlichen Ufer bis zum Scheitel des südlichen Wassula-Drumlins auffallen und infolge des gegen das Stromthal gerichteten Fallens der Schichten des südwestlichen Drumlinsflügels gleichfalls jenem zusfließen müssen. Die Infiltration all dieser Niederschläge bis zum Grundwasserspiegel wird überall da am schnellsten von statten gehen, wo dieser verhältnißmäßig hoch gelegen und nur von leichtdurchlässigen gröberen Sanden und Kies überdeckt wird (Gebiet süd-östlich, östlich und nordöstlich von Babi); sie wird schon etwas längere Zeit beanspruchen dort, wo dieselben Schichten in größerer Mächtigkeit über dem Grundwasserspiegel ruhen (etwa von Kubja bis zur Allee-straße), und endlich wird sie am langsamsten eintreten überall dort, wo sich der sandige Geschiebemergel über die fluviatilen Sedimente legt (Randgebiet des Stromthales und die Gegend um den Sallasee bis nordwärts über Krifa hinaus). Es liegen also Geschiebemergeldecken von beträchtlicher Ausdehnung vor, in denen die Infiltration eine geraume Zeit beansprucht. Beachten wir diesen Umstand sowie den langen Weg, den das Grundwasser bis zu den Malzmühlenquellen bei mäßig zu nennendem Gefälle z. Th. zurückzulegen hat, so muß die Frage nach der Nachhaltigkeit des Grundwasserstroms unbedingt bejaht werden. Zu diesem Schluß wird man übrigens noch um so leichter geführt, als ja der in den Grundwasserstrom tief eingesenkte Sallasee gewissermaßen ein großes Ausgleichsreservoir darstellt, das auf der einen Seite (nördlich und östlich) zusfließendes Grundwasser erhält und dasselbe auf der anderen Seite (südlich) unter der Geschiebemergeldecke wieder abgibt. Auch spricht ja für die Nachhaltigkeit der Malzmühlenquellen die Thatfache, daß die in den Grundwasserstrom eingesenkten Brunnen, z. B. des Ausstellungsplatzes (Resourcengarten), des Petripastorats und des deutschen Kirchhofs, seit ihrem ca. 20jährigem Bestehen niemals vertieft zu werden brauchten und stets reichlich Wasser gaben; es kann also der Grundwasserspiegel seit der Existenz dieser Brunnen nie unter deren Sohle gesunken sein und eine mögliche Senkung in der vergangenen Zeit kann unter keinen Umständen einen höheren Betrag erreicht haben, als der gegenwärtige Wasserstand in diesen Brunnen beträgt. Diese während der letzten zwanzig Jahre bestandenen Verhältnisse lassen aber innerhalb gewisser Grenzen auch einen Schluß auf die Zukunft zu.

Dies führt uns aber bereits zu der zweiten Frage, ob nicht die Gefahr besteht, daß etwa in fernerer Zukunft der Wasserreichtum

des Malzmühlengrundwasserstroms eine starke Verminderung erfahren könnte. Diese Frage ist ohne weiteres zu verneinen. Denn eine derartige Gefahr würde sich nur für den Fall konstruieren lassen, wenn im Bereiche des Speisungsgebietes des Grundwasserstroms bedeutende geologische Aenderungen eintreten würden, etwa Schichtensenkungen oder Verwerfungen, die dem Wasser einen anderen Weg eröffnen oder den allgemeinen Grundwasserspiegel derart senken könnten, daß der Malzmühlengrundwasserzweig zu bestehen aufhören oder doch mindestens eine sehr starke Einbuße erleiden würde. Etwas derartiges ist bei dem tektonischen Bau des Baltikums für die Zukunft völlig ausgeschlossen, auch wenn diese auf Zehntausende von Jahren beansprucht werden sollte.

Für etwa zweifelnde Gemüter, denen das oben festgestellte Speisungsgebiet des Grundwasserstroms doch noch etwas zu beschränkt erscheinen sollte, als daß eine Garantie für Nachhaltigkeit der Quellen unter allen Umständen würde geleistet werden können, will ich noch darauf hinweisen, daß ein Theil des Grundwassers einen noch viel größeren Weg zurückzulegen hat als oben skizziert worden. Wie im geologischen Kapitel ausgeführt worden, besteht das Gebiet nördlich der Amme bis ungefähr Jenseit aus ursprünglichen Ablagerungen eines großen glacialen Schmelzwasserstroms. Alle in dieser Gegend gelegenen Seen empfangen nun — abgesehen von den, einigen unter ihnen zugehenden oberirdischen Zuflüssen — große Grundwassermengen an ihrem Nordende und geben einen Theil derselben an ihrem Süden an die fluviatilen Sedimente wieder ab. Außerdem fließt auch Grundwasser unter dem grandig-tiefen Seeboden selbst hindurch. Ueber die Menge des die Seen speisenden Grundwassers läßt sich leicht am Sadjern eine Vorstellung gewinnen, der keine irgendwie nennenswerthen oberirdischen Zuflüsse, dagegen bei Eßs einen eine Mühle treibenden Abfluß besitzt, dessen Wassermenge ich am 1. August (nach den reichen Niederschlägen der vorhergehenden beiden Tage) einer freilich ganz groben Schätzung zufolge auf mindestens 300 sl taxirte. Nun liegt der Spiegel des 27 m tiefen Sadjern 23 m über Embach-Null, seine Sohle also 4 m unter Embach-Null, während das Bett der Amme beim Gute Wassula ca. 4 m über Embach-Null gelegen ist. Folglich muß, selbst wenn wir das Gefälle des Grundwassers vom See bis zur Amme und das unter dem Seeboden durchstreichende Grundwasser ganz außer Betracht lassen, ein Grundwasserstrom von mindestens 8 m Mächtigkeit unter dem Ammebett weiter verlaufen. Nun ist es ja allerdings durchaus nicht erwiesen, daß dieser Grundwasserstrom unserm Rathshofer Stromthal zufließt; es wäre z. B. ebenso gut möglich, daß er östlich Wassula und Weflershof seinen Lauf nimmt; allein es darf nicht außer Acht gelassen werden, daß die glacial-fluviatilen Ablagerungen im Bereiche und der Umgebung des Kelluste-Drumlins sicher tiefer als das Ammebett reichen und daß die tieferen Horizonte

ihres Grundwassers unter diesem Bett gegen den Sallasee zu hindurchstreichen können. Die Amme schneidet eben nur denjenigen Theil des von Nord kommenden Grundwassers ab, dessen Spiegelhöhe über ihrem Bett gelegen ist. Südlich der Amme erhält der unter ihr hindurchgetretene Grundwasserstrom von neuem Nahrung durch die von der Terrainoberfläche aus vor sich gehenden Infiltrationen, es erhebt sich der Grundwasserspiegel bis zu einer Culminationslinie, südlich deren nun auch die hier niedersinkenden Atmosphärrillen dem Hauptgrundwasserstrom zufließen müssen. Es zerfällt somit in der Gegend der Sallasees der Grundwasserstrom in seiner Vertikalen gewissermaßen in 2 Theile: einen unteren, der vom Gebiete nördlich der Amme her versorgt wird, und in einen oberen, dessen Speisegebiet südlich der Amme gelegen ist. Daß bei solchen Verhältnissen, bei dem überaus grundwasserreichen und weit ausgedehnten Hinterlande des Malzmühlenstromes keine Gefahr für eine zukünftige Verringerung seiner Wasserquantität vorliegen kann¹⁾, dürfte für jeden einleuchtend sein.

Wir kommen nun auf die durch den Pumpversuch festgestellte zeitige Ergiebigkeit des Malzmühlengrundwasserstroms zurück. Wenn es auch nicht nachgewiesen worden ist, daß die aus dem Gulefischen Brunnen geförderten 49.4 sl und die noch außerdem 17.8 sl liefernden Teichquellen die geringste Ergiebigkeit repräsentiren, so wird sich eine solche Wassermenge doch sicher dem Grundwasserstrom auch bei dessen tiefstem Spiegelstande wenigstens zeitweilig entnehmen lassen, da bei dem projektirten, im Vergleich zum Gulefischen Versuchsbrunnen natürlich tieferen Betriebsbrunnen, wenn nöthig, eine größere Absenkung des Brunnenpiegels und dadurch eine zeitweise größere Zuflußmenge erwirkt werden könnte. Allerdings dürfte diese Depression nicht unter den einige Tage vorher bestanden habenden Embachspiegel getrieben werden, da sonst Embachwasser zum Brunnen rückfiltrirt und bei der allgemeinen Bodenverseuchung im zwischenliegenden Terrain das geförderte Brunnenwasser — wenn nicht gerade ausgiebige technische Vorkehrungen dagegen getroffen werden — in hygienischer Beziehung sehr schädlich beeinflussen könnte. Der höchste markirte Stand des Embachs beträgt, soviel mir bekannt, 3.73 m über Null (am 6. V. 1867). Für diesen äußersten und für eine eventuelle Wasserversorgungsanlage in der Nähe der Malzmühlenquellen keinen Ausschlag gebenden Ausnahmefall würde, da der Spiegel der Malzmühlenquelle 4.76 m über Null cotirt, allerdings nur noch 1.03 m ausnuzbare Depression des Grundwasserspiegels übrig bleiben (beim Gleitzmannschen Pumpversuch betrug sie 1.340 bis 1.345 m).

Legen wir nun eine zur Verfügung stehende, dem Malzmühlengrundwasserstrom entnehmbare Wassermenge von nur 60 sl = 5184 cbm

¹⁾ Daran kann natürlich auch die seit einem Jahre durchgeführte Entwässerung des Heuschlages nordöstlich Wahi nicht im geringsten etwas ändern.

per Tag den weiteren Erörterungen über die Bevölkerungszahl, die hiermit versorgt werden kann, zu Grunde.

Nach A. Frühling („Die Wasserversorgung der Städte“, Leipz. 1904, p. 13) ergeben sich für Orte in Deutschland, die keinen ausgeprochen gewerblichen Charakter tragen, unter der Voraussetzung der Abgabe nach Wassermessern für Kopf und Tag:

| | | | |
|--------------------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| Für häusliche Bedürfnisse | 35—51 l | mit Aussicht einer Steigerung auf | 55—71 l |
| „ gewerbliche Zwecke..... | 15—30 l | „ „ „ „ „ | 25—40 l |
| „ öffentl. Zwecke u. Verluste | 5—14 l | „ „ „ „ „ | 15—24 l |

Die Grenzwerte betragen demnach 55 und 135 l, wobei die erstgenannte Zahl für kleinere Städte und Landgemeinden mit vorwiegend ackerbautreibender Bevölkerung gilt; das Mittel berechnet sich zu 95 oder nach oben abgerundet zu 100 l. Erfolgt die Abgabe für häuslichen Bedarf nicht nach Wassermessern (deren Anwendung für gewerbliche Zwecke als selbstverständlich anzusehen ist), so kann man die Verbrauchsziffer um etwa 20 l höher ansetzen. Der Tagesdurchschnittsverbrauch verhält sich zum größten Tagesverbrauch in den deutschen Städten im Mittel wie 100 : 150

Für Dorpat darf bei der sozialen und materiellen Lage eines nicht unbeträchtlichen Theiles der Bevölkerung der tägliche Höchstverbrauch in den Monaten des größten Bedarfs geringer angesetzt werden als in deutschen Städten und es dürfte mit 70 l per Kopf und Tag wohl nicht zu tief gegriffen sein.¹⁾ Unter Zugrundelegung dieser Zahl würden rund 74000 Bewohner vom Wasserwerk aus versorgt werden können.²⁾

Die Bevölkerung Dorpats bezifferte sich 1888 auf 30000, 1897 auf 42400, 1906 auf ca. 46000. Die Zunahme ist in den letzten 9 Jahren aus bekannten Gründen weit geringer als vorher. Nehmen wir daher auch für die nähere Zukunft eine Bevölkerungszunahme von jährlich nur 1% an, so würde jene Zahl von 74000 Bewohnern erst nach 48 Jahren erreicht werden. Es würde demnach, bevor man an eine Zuleitung anderer Wasservorräthe zu gehen brauchte, ein auf den Malmühlenquellen basirendes Wasserwerk ungefähr diese Zeit bestehen können, natürlich immer unter der Voraussetzung, daß die Bevölkerungszunahme kein schnelleres Tempo einschlägt, daß die Ansprüche nicht über 70 l per Kopf und Tag steigen und daß die gesamte Bevölkerung Dorpats an die Wasserleitung angeschlossen ist. Einer Verschwendung von Wasser wird man durch eine, wenn auch allmähliche Aufstellung von Wassermessern möglichst vorzubeugen haben, denn die Erfahrung hat gelehrt, daß nach Einführung von Wassermessern der Verbrauch pro Kopf im Jahresdurchschnitt gefallen

¹⁾ In Riga beträgt der tägliche Höchstverbrauch ca. 100 l.

²⁾ Die Angabe Gleitsmanns (Gutachten p. 4), daß bei 5200 cbm täglicher Förderung unter Annahme eines höchsten Tagesbedarfs von 70 Liter per Kopf 86300 Einwohner versorgt werden können, beruht wohl auf einem Druckfehler; es muß 74300 heißen.

ist und daß die Ausgaben, welche die Einführung, Ablefung und Unterhaltung der Wassermesser erfordert, mehr als aufgewogen werden durch die Ersparnisse an den Betriebskosten des Wasserwerks. Im übrigen sei noch darauf hingewiesen, daß nicht wenige deutsche Städte mit ausschließlicher oder doch vorwiegender Abgabe des Wassers durch Wassermesser einen Verbrauch von unter 60 Tagesliter pro Kopf im Durchschnitt aufweisen.

Die chemische Beschaffenheit des Malzmühlengrundwassers.

Die Frage nach der Beschaffenheit eines Trinkwassers gründet sich im wesentlichen auf dessen Reinheit im physikalischen, chemischen und bakteriologischen Sinne, sowie auf seine Temperatur. In physikalischer Hinsicht (Klarheit, Helligkeit) ist am Malzmühlengrundwasser nichts auszusagen. Dasselbe gilt von seinem Wärmegrade, der allerdings nur einmal zu $6,2^{\circ}\text{C}$ gemessen worden ist, aber sicherlich dem allgemeinen Erforderniß, daß er der mittleren Jahrestemperatur des Orts mit nur mäßigen Schwankungen entsprechen soll, nachkommen wird, da das Grundwasser in einer Tiefe verläuft, in der sich die jährlichen Temperaturschwankungen nur noch sehr geringfügig oder garnicht bemerkbar machen können. Für den Geschmack ist ein Wärmegrad zwischen 9 und 12°C am angenehmsten. Auf jene günstigen Temperaturverhältnisse des Malzmühlengrundwasserstroms hinzuweisen, ist nicht unnütz, da anderwärts gemachte Erfahrungen bewiesen haben, daß ein Leitungswasser von stark schwankender Temperatur bei der Bevölkerung leicht in Mißkredit geräth und daß diese aus Indolenz oft wieder zur Benutzung des wohl kühleren, aber verseuchten Brunnenwassers greift.

Zur Beurtheilung der chemischen Beschaffenheit des Wassers des Malzmühlen- sowie des Rathshofer Hauptgrundwasserstroms liegen verschiedene Brunnen- und Quellanalysen vor. Sie sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben. Hierzu muß zunächst bemerkt werden, daß diesen zu sehr verschiedenen Zeiten ausgeführten Analysen natürlich nur ein sehr relativer Vergleichswerth zukommt, und zwar in Anbetracht dessen, daß das zu wechselnden Zeiten von der nämlichen Quelle oder aus demselben Brunnen entnommene Wasser nicht immer die gleiche Zusammensetzung haben kann, da Umstände und Bedingungen, unter denen die Bestandtheile des Wassers und Bodens aufeinander einwirken, variiren. Immerhin können aber aus den vorliegenden Daten einige wichtige Schlüsse abgeleitet werden. Die meist von Prof. C. Schmidt stammenden Analysen sind der Tabelle III der Guleteschen Arbeit¹⁾ entnommen, mit Ausnahme folgender: Bohrbrunnen der Rathshofer

¹⁾ I. c. Archiv IX, p. 342/43. — Hier sind auf Seite 344 die Analysen für die Malzmühlenquelle und die Malzmühlenpumpe gegenseitig verwechselt.

Dampfmühle¹⁾, Bohrbrunnen bei Jama²⁾, Gulek'scher Versuchsbrunnen³⁾ und Quelle bei Badstüber Lodenberg⁴⁾. Von der Wiedergabe der Analyse des Bohrbrunnens des Veterinärinstituts ist abgesehen worden, da es hier zweifelhaft ist, ob das Wasser dem Malzmühlengrundwasserstrom oder den devonischen Sandsteinen entspringt. Da in der Gulek'schen Tabelle die Gruppierung der Bestandtheile eine ungewöhnliche — einerseits werden Zonen, anderseits Säureradikale angegeben — und da ferner die Kohlen Säure bald als solche der Bikarbonate, bald als solche der Monokarbonate in Rechnung gesetzt worden ist, so habe ich erstens sämtliche Analysen einer Umrechnung auf Basen- und Säureradikale unterzogen und zweitens die gebundene Kohlen Säure als hypothetisch bestimmten Bestandtheil ganz in Wegfall kommen lassen. Zu begrüßen wäre es gewesen, wenn bei der Malzmühlenquelle eine Bestimmung des gelösten Sauerstoffs und der gelösten Kohlen Säure ausgeführt worden wäre, da diese für den Geschmack des Wassers maßgebend sind.

Die Anordnung der einzelnen Brunnen bez. Quellen ist in folgender Tabelle eine derartige, daß wir von NO gegen SW, also im Sinne des Grundwasserlaufs, vorgehen. In 100 000 Theilen Wasser sind enthalten:

| | Malzköfer Dampfmühle Des. 1884. | Malzköfer Windmühle 17. VIII. 1888. | Quell. Ende 1884 oder Anfang 85. | Städtischer Kirchhof 22. X. 1877. | Deutscher Kirchhof 11. XII. 1877. | Petrivohrat 13. X. 1888. | Malzmühlenquelle 17. VIII. 1888. | Gulek'scher Brunnen 1889. | Malzmühlenpumpe 22. VI. 1885. | Lodenberg 10. VIII. 1862. |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------|
| Kali K ₂ O. . . . | 1,467 | 0,275 | nicht angegeben. | 0,968 | 0,472 | 1,489 | 0,347 | 0,134 | 0,626 | 0,661 |
| Natron Na ₂ O . . | 4,924 | 1,300 | " | 1,184 | 0,733 | 3,248 | 1,134 | 0,373 | 1,034 | 0,653 |
| Ammoniak NH ₃ . | 0,138 | 0,022 | 0,065 | 0,015 | 0,017 | 0,055 | 0,034 | Spur | 0,059 | 0,005 |
| Kalk CaO. . . . | 3,324 | 12,538 | 4,489 | 13,670 | 12,461 | 18,491 | 12,216 | 10,513 | 13,033 | 13,250 |
| Magnesia MgO . | 2,072 | 2,502 | 3,687 | 3,249 | 2,455 | 3,902 | 3,976 | 3,355 | 3,918 | 4,361 |
| Eisenoxydul FeO. | 0,064 | 0,042 | 0,022 | 0,063 | 0,384 | 0,037 | 0,005 | nicht bestimmt | 0,006 | 0,076 |
| Chlor Cl. . . . | 2,128 | 1,749 | 0,975 | 0,953 | 0,869 | 2,620 | 1,173 | 1,065 | 1,144 | 0,792 |
| Schwefelsäure SO ₃ | 0,925 | 1,665 | nicht angegeben. | 0,632 | 0,318 | 1,211 | 1,116 | 1,147 | 1,117 | 0,780 |
| Salpeters. N ₂ O ₅ . | 0,016 | 1,978 | 0,110 | 6,123 | 1,540 | 6,171 | 2,233 | 0,932 | 1,797 | 0,582 |
| Phosphors. P ₂ O ₅ . | 0,161 | 0,006 | nicht angegeben. | 0,037 | 0,039 | 0,010 | 0,012 | Spur | 0,033 | 0,290 |
| Kieselsäure SiO ₂ . | 0,972 | 0,740 | " | 0,750 | 0,749 | 0,924 | 0,974 | SiO ₂ Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ } 0,719 | 0,863 | 1,307 |
| Gesamthärte. . . | 6,14 | 16,05 | 9,65 | 18,23 | 15,91 | 22,97 | 17,97 | 15,22 | 18,53 | 19,37 |

1) Analytischer Mag. Naß. Sitzungsber. Dorp. Naturf.-Ges. VII, p. 299.

2) Analytischer Prof. C. Schmidt. Veröffentlicht durch Prof. C. Grewingk in d. Sitzungsber. Dorp. Naturf.-Ges. VII, p. 322.

3) Analytischer Prof. Dragendorff. Veröffentlicht durch Guleke in seiner zweiten Arbeit (l. c. Sitzungsber. IX, p. 83).

4) Analytischer Prof. C. Schmidt. Arch. f. Naturf. Liv-, Est- u. Rurl. III, p. 341.

Vor Eintritt in die Beurtheilung dieser analysirten Proben des Grundwasserstroms sei zunächst erwähnt, daß „reine“, d. h. von außergewöhnlichen Verunreinigungen freie Wässer — abgesehen von Meer- und natürlichem Mineralwasser — nach Tiemann-Gärtner¹⁾ in der Regel in 100000 Theilen enthalten:

- 1) nicht mehr als 50 Theile mineralische und organische, bei dem Verdampfen auf dem Wasserbade zurückbleibende Stoffe;
- 2) nicht mehr als 18 bis 20 Theile Kalk und Magnesia (CaO und MgO);
- 3) nicht mehr als 2 bis 3 Theile Chlor (Cl);
- 4) nicht mehr als 8 bis 10 Theile Schwefelsäure (SO_3);
- 5) nicht mehr als 0.5 bis 1.5 Theile Salpetersäure (N_2O_5);
- 6) Ammoniak und salpetrige Säure gar nicht oder in kaum nachweisbaren Spuren;
- 7) reduciren die in 100000 Th. Wasser vorhandenen organischen Stoffe nicht mehr als 0.6 bis 0.8, höchstens 1 Theil Kaliumpermanganat.

Die vorstehenden Zahlen sind so zu verstehen, daß sie hauptsächlich nur zur vergleichsweisen Beurtheilung eines Wassers dienen; sie dürfen nicht als Grenzwerte in dem Sinne aufgefaßt werden, daß z. B. ein Wasser unbedingt als unbrauchbar verworfen werden müßte, wenn es von an sich unschädlichen Bestandtheilen einen größeren Prozentsatz aufweist, wie dies z. B. häufig mit dem Kalk- und Magnesiumgehalt der Fall ist. Nur muß ein Wasser zum Trinkgebrauch und zu verschiedenen gewerblichen Zwecken ausgeschlossen werden, wenn es eine beachtenswerthe Menge von salpetriger Säure und Ammoniak oder von stickstoffhaltigen organischen Stoffen besitzt, da diese Bestandtheile darauf hinweisen, daß das Wasser mit fauligen Substanzen in Berührung gekommen und die Mineralisation der letzteren noch nicht beendet ist.

Prüfen wir nun in Anlehnung an diese Erfordernisse die Wässer obiger Brunnen und Quellen — wobei wir die Malzmühlenquelle, den Gulefischen Brunnen und die Malzmühlenspumpe, die nur wenige Schritte auseinander und dem Orte des projectirten Wasserwerkes am nächsten gelegen, im folgenden zusammenfassend als M bezeichnen — so ergibt sich Nachstehendes:

1) Der Verdampfungsrückstand bleibt mit Ausnahme des Brunnens vom Petriapastorat und des estnischen Kirchhofs unter 50 (die betreffenden Zahlen ergeben sich unter Hinzuzählung der zu berechnenden Kohlensäure zu den angegebenen Bestandtheilen).

2) Der Gehalt an Kalk und Magnesia bleibt mit Ausnahme des Brunnens vom Petriapastorat unter 20. Er spiegelt sich in der

¹⁾ Handbuch der Untersuchung u. Beurtheilung der Wässer. 4. Aufl. 1895, p. 5 und 751.

Gesamthärte des Wassers wieder. Diese ist am geringsten bei den Bohrbrunnen von Rathshof und Jama (6° bez. $9\frac{1}{2}^{\circ}$), schwankt bei M zwischen 15.2° und 19.4° ¹⁾ und erreicht nur beim Petripastorat 23° . Trinkwasser kann unbedenklich bis zu einer Härte von 25° genossen werden; doch ist es wünschenswerth, daß dieser Härtegrad weder durch Magnesiumsalze noch durch Gyps (schwefelsaurer Kalk) wesentlich bedingt wird. Beides ist in den vorliegenden Wässern nicht der Fall. Freilich ist ein weiches Wasser, wenn es in reiner Form zur Verfügung steht, im Haushaltungswesen sowie bei vielen gewerblichen Betrieben immer vorzuziehen.

3) Der Chlorgehalt übersteigt nicht die zulässigen Grenzen, weist aber in seiner Menge bereits darauf hin, daß chlornatriumhaltige Hauswässer oder urinhaltige Sickerwässer im Stadtbereich dem Grundwasserströme zufließen, da der natürliche Chlorgehalt des letzteren nur ein minimales sein kann in Anbetracht dessen, daß die Sande und Kiese des Grundwasserträgers nur Spuren von Chlorverbindungen enthalten.

4) Der Schwefelsäuregehalt ist relativ sehr gering.

5) Der Gehalt an Salpetersäure ist am geringsten in den Wässern der Bohrlöcher der Rathshofer Dampfmühle und von Jama (0.016 bez. 0.110) und schwankt bei M zwischen 0.932 und 2.233 , überschreitet also mit der letzteren Zahl (bei der Malzmühlenquelle) bereits den Tiemannschen „Grenzwert“. Selbst wenn wir uns an diesen nicht halten, so sollte doch jedenfalls kein Trinkwasser mehr als 4 Theile Salpetersäure auf 100000 Theile Wasser besitzen, ein Gehalt, der noch stark von den Brunnenwässern des estnischen Kirchhofs und des Petripastorats übertroffen wird (6.123 bez. 6.171). Nun weist ein auch nur einigermaßen hoher Salpetersäuregehalt im Grundwasser stets darauf hin, daß dasselbe einen Zufluß von oberflächlichem, ursprünglich durch faulige organische Stoffe verunreinigten Sickerwasser erhält. Ist der Stickstoff dieser organischen Massen vollständig zu Salpetersäure oxydirt worden, bevor das Sickerwasser das Grundwasser erreicht, so ist wohl vom rein chemischen Standpunkte aus ein derartiges Wasser nicht zu beanstanden; vom ästhetischen Gesichtspunkte aus bleibt es natürlich trotzdem stets minderwerthig. Der geringe Gehalt an Salpetersäure in den Brunnenwässern der Rathshofer Dampfmühle und von Jama gegenüber demjenigen im Malzmühlengrundwasserstrom innerhalb des bebauten und bewohnten Terrains der Vorstadt beweist zweifellos, was ja auch von vornherein nicht anders zu erwarten war, daß jene Sickerwässer erst innerhalb des städtischen Territoriums dem Ferngrundwasser sich beimischen.

¹⁾ Die Härte schwankt bei der Malzmühlenquelle und dem Gulekeschen Brunnen zwischen 15.2° und 17.8° und nicht, wie Guleke (Sitzungsber. I. c. p. 84) und nach ihm Gleitsmann (Gutachten p. 7) angeben, zwischen 12° und 13° .

6) und 7) Finden sich in einem Grundwasser wesentlich mehr organische Substanzen, als oben unter 7 angegeben, oder sind in ihm Ammoniak oder salpetrige Säure oder beide in mehr als Spuren enthalten, so weist dies, sofern auch die Vertikalität Anhaltspunkte hierfür bietet, darauf hin, daß Auslaugungsprodukte von in fauliger Zersetzung begriffenen menschlichen oder thierischen Auswurfstoffen, Hausabfällen u., die noch nicht völlig in ihre Endglieder zerlegt worden, in das Grundwasser gelangt sind. Ohne volle Berücksichtigung der Vertikalität ist dieser Schluß nicht immer mit voller Sicherheit zu ziehen, denn man kennt z. B. in der norddeutschen Ebene manche Grundwässer unbewohnter und unbebauter Gegenden, die neben reichlichen organischen Substanzen auch Ammoniak (und Chlor) enthalten. Wie steht es nun aber in dieser Beziehung mit dem Malzmühlengrundwasser? Der Gehalt an Ammoniak schwankt bei M zwischen „Spur“, 0.034 und 0.059; er ist bei der Lockenbergischen Quelle am geringsten (0.005), bei der Rathshofer Dampfmühle am größten (0.138). Ueber einen etwaigen Gehalt oder die Abwesenheit von salpetriger Säure werden von keinem Analytiker Angaben gemacht. Ich nehme aber an, daß wenigstens bei der Malzmühlenquelle und dem Gulekeschen Brunnen daraufhin geprüft, die Abwesenheit konstatiert, dies aber nur nicht besonders erwähnt wurde, was ja allerdings niemals unterlassen werden sollte. Das Fehlen der salpetrigen Säure wäre durchaus nicht auffallend, da z. B. bei den anfangs der 90er Jahre durch G. Seegrön und Th. Zimmermann untersuchten 40 Brunnen Dorpat's mit einer einzigen Ausnahme, wo Spuren gefunden wurden, keine salpetrige Säure nachzuweisen war, obgleich die Brunnen fraglos starke Verunreinigungen menschlicher oder tierischer Abfallstoffe enthielten. Der Gehalt an organischer Substanz endlich ist nur beim Gulekeschen Brunnen bestimmt worden: sie reducirt 0.208 Sauerstoff, entsprechend 0.82 Kaliumpermanganat, kommt also der oben angegebenen höchsten Grenze sehr nahe. Berücksichtigen wir nun die Vertikalität der Malzmühlenquellen, d. h. beachten wir, daß für den sie speisenden Grundwasserstrom innerhalb des bewohnten Stadtheiles eine Zuflickerung von Auslaugungsprodukten menschlicher und thierischer Auswurfstoffe (aus undichten Abortgruben, aus Ställen und Höfen u.) schon durch den relativ hohen Salpetersäure- und Chlorgehalt erwiesen ist, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, daß der in den Brunnen- und Quellwässern festgestellte Ammoniakgehalt entweder ein direktes Zersetzungsprodukt jener organischen Stoffe ist, oder daß er aus einem Theile der Salpetersäure durch Reduktion (unter Mitwirkung gewisser Bakterien) entstanden. Da das bei der Fäulniß stickstoffhaltiger organischer Stoffe entstehende Ammoniak von den porösen Erdschichten energisch zurückgehalten wird, daher aus dem Wasser vollständig verschwindet, wenn dieses in der Erde längere Wege zurücklegt und dabei keinen neuen Verunreinigungen ausgesetzt ist, so

weist das Auftreten von Ammoniak in M. eben darauf hin, daß nicht allzuweit von den Quellen Zuflüsse verunreinigten Sickerwassers statthaben.

Als fernerer Beweis für diese Zuflüsse können übrigens auch der dem ursprünglichen Grundwasser fast fremde Phosphorsäuregehalt sowie die relativ hohe Härte der Brunnen- und Quellwässer des bebauten Terrains gegenüber der geringen Härte z. B. in den Wässern der Rathshofer Dampfmühle und von Jama gelten. Bei der Fäulniß organischer Materie entstehen u. a. ja auch große Mengen Kohlen- säure; ein Theil derselben wird vom Tagewasser aufgenommen und derartiges kohlen-säurehaltiges Wasser greift im Verein mit der gleich- falls bei der Verwesung entstehenden Salpetersäure den in den fluvia- tilen Sedimenten der Ausfurchung enthaltenen Kalkstein und Dolomit an, wobei Kalk und Magnesia in Lösung gehen und eine Erhöhung der Härte des Wassers bewirken.

Bei jeder Grundwasserversorgung spielt endlich eine gewichtige Rolle auch der Eisengehalt des zu gewinnenden Wassers; nicht als ob das Eisen einen gesundheits-schädlichen Begleiter desselben darstellte, sondern weil sich in stärker eisenhaltigem Wasser an der Luft (in den Saugbrunnen, im Reservoir) ein feines braunes Pulver von Eisen- oxydhydrat abscheidet, welches nicht nur das Wasser unansehnlich und unappetitlich, sondern auch zu verschiedenen technischen Zwecken (Gährungsgewerbe, Bleicherei, Papierfabrikation zc., Waschen weißer Wäsche) untauglich macht. Noch viel unangenehmer kann aber ein zu großer Eisengehalt werden, wenn sich der zu den Spaltpilzen gehörende sog. Brunnenfaden (*Crenothrix polyspora*) ansiedelt, dessen Flockchen sich mit dem abgeschiedenen Eisenoxider zusammenballen und die Zu- leitungsrohre verstopfen können. Beträgt der Eisenoxydulgehalt eines für städtische Wasserversorgung in Aussicht genommenen Wassers mehr als 0.03 Theile auf 100000 Theile Wasser, so muß zu einem Ent- eisenungsverfahren gegriffen werden, das sich ja glücklicher Weise ohne erhebliche Kosten bewerkstelligen läßt. Beurtheilen wir nun an der Hand der Analysen den Eisenoxydulgehalt unseres Grundwassers, so ergibt sich, daß derselbe an den verschiedenen Stellen sehr ungleich gefunden wurde, am geringsten bei der Malzmühlenquelle und Malz- mühlenpumpe mit 0.005 bez. 0.006 — beim Guleteschen Brunnen wurde der Eisengehalt leider nicht gesondert bestimmt — am größten im Brunnen des deutschen Kirchhofs mit 0.384. Bei ersteren, sowie beim Jamaer Brunnen ($\text{FeO} = 0.002$) ist die Grenze, bei der ein Enteisenungsverfahren einzutreten hätte, noch nicht erreicht, bei allen übrigen ist sie dann überschritten, wenn es sich herausstellen sollte, daß der Eisengehalt bei einem länger fortgesetzten Pumpen sich nicht er- niedrigt. Ein starker Wechsel im Eisengehalte eines Grundwassers an nicht weit voneinander entfernten Stellen, wobei die eisenhaltigen und eisenfreien Zonen in ihrer gegenseitigen Lage unver-schiebbar sind, ist

auch andertwärts beobachtet worden. Auf die Ursache dieser Erscheinung braucht hier nicht weiter eingegangen zu werden (Interessenten seien auf die Bemerkungen Thiem's im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1881, p. 686 hingewiesen).

Als Resultat vorstehender Erörterungen ergibt sich, daß das Quellwasser am Malzmühlenteiche vom rein chemischen Standpunkte aus als ein gutes zu bezeichnen sein würde, wenn nicht ein merklicher Ammoniakgehalt darin enthalten wäre; denn für ein völlig einwandfreies Trinkwasser gilt die Anwesenheit von Ammoniak selbst in mehr als millionenfacher Verdünnung als unstatthaft, wenn die Dertlichkeit, in der das Wasser gewonnen wird, auch nur die Möglichkeit einer Verunreinigung durch Stadtlauge gewährt leistet. Zudem muß betont werden, daß bei den Voruntersuchungen unterlassen worden ist, den Gehalt an Ammoniak (und eventueller salpetriger Säure) zu wiederholten Malen, besonders im Frühjahr nach der Schneeschmelze oder nach sehr reichlichen Sommerniederschlägen, zu bestimmen; man würde in solchen Zeiten wohl sicher einen größeren Gehalt gefunden haben, als den Angaben obiger Analysen entspricht, und zwar deswegen, weil die dann reichlich niedersinkenden Tagewässer mehr von den Auslaugungsprodukten der Fäcalien und dergleichen dem Grundwasser zuführen können. Es mag in dieser Beziehung auf die Resultate der Brunnenuntersuchung Malzmühlenstraße Nr. 22 (liegt im Malzmühlengrundwasserstrom) hingewiesen werden, wo sich am 5. April 1893 in 100 000 Theilen Wasser fanden: Ammoniak = 0.10 und Salpetersäure = 5.948 gegenüber 0.035 bez. 3.472 am 22. Februar desselben Jahres.¹⁾

Das Wasser des Malzmühlengrundwasserstromes enthält also in chemischer Hinsicht keine schädlichen Stoffe, ist aber vom ästhetischen Standpunkte aus als nicht einwandfrei zu betrachten und man wird den Gebrauch eines solchen Wassers zu Genuß- und Wirtschaftszwecken nie befürworten, wenn die Möglichkeit vorliegt, in leicht erreichbarer Nähe ohne sehr erheblichen Kostenmehraufwand ein besseres Wasser zu gewinnen.

Wenn Professor Dragendorff in seinem an das Stadtamt gerichteten Berichte²⁾ über die Beschaffenheit des Wassers des Gulefschen Versuchsbrunnens sich dahin ausspricht, daß es „so gut wie gar keine Beimengungen solcher Substanzen enthalte, welche (wie Ammoniak, Kochsalz, Phosphate, Nitrate) auf eine Verunreinigung durch Kirch-

¹⁾ Vergl. Th. Zimmermann: Chemische und bakteriologische Untersuchung einiger Brunnenwässer Jurjew's (Dorpat). Dissert. Jurj. 1893, p. 30 und 41.

²⁾ Auszüglich wiedergegeben in den Sitzungsber. d. Dorpater Naturf.-Ges., Bd. IX. 1889, p. 85.

höfe, Fäcalmassen, Abfälle der Industrie, des Haushalts u. dergleichen, so mag dies „so gut wie keine“ eine gewisse Berechtigung haben, wenn die größtentheils sehr stark durch Stadtlauge verseuchten Brunnen Dorpat's in Parallele gezogen werden; stellt man sich aber auf einen höheren Ansprüche vertretenden Standpunkt, so kann jenem Urtheil, das, einen relativen Begriff enthaltend, leicht zu falschen Vorstellungen führen kann, nicht beigegeben werden. Desgleichen ist zu betonen, daß für den weiteren Ausdruck Prof. Dragendorffs, „daß es nicht anzunehmen sei, es werde einmal ein besseres Quell- oder Grundwasser in und bei Dorpat gefunden werden“, in keiner Weise irgend welche Beleggründe beigebracht worden sind.

Ferner sei darauf hingewiesen, daß die Erklärung, welche Gleitsmann¹⁾ für das „günstige“ Ergebniß der chemischen Untersuchung des Grundwassers trotz seiner verdächtigen Umgebung giebt, daß nämlich „die Oberfläche mit Thon und Geschiebelehm bedeckt und dadurch geeignet sei, den größten Theil der auf die Erde fallenden Verunreinigungen zurückzuhalten“, nicht den Thatfachen entspricht. Innerhalb der Dorpater Ausfurchung, die den Grundwasserträger enthält, ist Thon nirgends und Geschiebemergel nur als Belag auf einem Theile der Flanken (also für die Filtration nicht in Betracht kommend), sowie in völlig belanglosen Resten an der Oberfläche nachgewiesen worden; der Geschiebemergel kommt also auch für ein Zurückhalten der Sickerwässer innerhalb des bebauten und bewohnten, über dem Grundwasserstrom liegenden Terrains gar nicht in Frage, auch deswegen nicht, weil er bei seiner sehr starken Sandbeimischung weit wasserdurchlässiger ist als thonreicher Geschiebelehm.

Die bakteriologische Beschaffenheit des Malzmühlengrundwassers.

Wenn schon die chemische Untersuchung eines Grundwassers durch den Nachweis von Ammoniak, salpetriger Säure neben organischen Bestandtheilen in den meisten Fällen ein Kennzeichen für die Beimischung von Zersetzungsprodukten menschlicher und thierischer Auswurfstoffe abgiebt, so wird es doch meist dem Bakteriologen überlassen, in dieser Sache das letzte Wort zu sprechen — nicht immer mit vollem Recht. Es ist ja allbekannt, daß die Fäulnißprocesse organischer Stoffe durch Bakterien eingeleitet und unterhalten werden. Gelangen diese in ein Trinkwasser und mit diesem in den Körper des Menschen, so ist, sofern sich schädliche (pathogene) Keime darunter finden, die Möglichkeit von Erkrankungen gegeben. Die Zahl dieser kleinsten Lebewesen ist in nicht ganz reinem Wasser eine so große (mehrere Tausend in 1 cem), daß es auch bei dem heutigen fortgeschrittenen Stande der Bakteriologie noch immer mit nicht geringen

¹⁾ Gutachten p. 6.

Schwierigkeiten verbunden ist, eine Trennung der unschädlichen von den pathogenen Bakterien durchzuführen. Deshalb begnügt man sich gezwungener Maßen meist mit der Feststellung der Zahl der Bakterien in 1 cem Wasser und giebt demjenigen Wasser den Vorzug, das die geringste Zahl aufweist, weil ein massenhaftes Auftreten dieser Spaltpilze die Möglichkeit wahrscheinlicher erscheinen läßt, daß auch pathogene Formen sich unter ihnen befinden können. Als Grenzzahl werden häufig 100, zuweilen auch nur 50 entwicklungsfähige Keime in 1 cem angenommen und solches Wasser als ein nicht zu beanstandendes hingestellt.

1889 Winter, Quelle: 34 Reime (Dr. v. Haudring)¹⁾

Wie ersichtlich, blieb die gefundene Bakterienzahl in jedem Falle unter der „Norm.“ Giebt uns dies eine Berechtigung, das Wasser als zum Trink- und Hausgebrauch geeignet zu empfehlen? Die Antwort hierauf wird sich aus folgenden Erwägungen ergeben.

¹⁾ Nach der Angabe bei Guleke (Archiv IX, p. 319; Sitzungsber. IX, p. 84). Schulmann (Bakteriol. Unterf. d. Dorpater Universitätsleitungswassers; Differt. Dorp. 1891, p. 9) giebt an, daß v. Haudring in der Malzmühlenquelle 43, bei einer späteren Untersuchung 2 und 5 Keime gezählt habe.

schlagwassers bilden, in die Erde und von da durch undichte Brunnenwände, die in Dorpat häufig zu finden, in den Brunnenkessel, was um so bedenklicher, wenn Waschwasser, das stets sehr bakterienreich und nicht selten gerade Krankheitserreger enthält, in der Nähe des Brunnens ausgegossen wird. Direkt auf den Boden gegossene Abwässer, undichte Abortgruben, hölzerne Kanalisationschlammkästen etc. liefern weitere Centren für das massenhafte Eindringen von Bakterien in den Boden. Eine Selbstreinigung des Wassers von den Bakterien durch natürliche Bodenfiltration ist nach vielfachen Untersuchungen erst in einer Tiefe von 4–5 m zu erwarten, vorausgesetzt, daß dies nicht in grobporigen Schichten geschieht (wobei selbst die Zwischenräume zwischen den einzelnen Theilen die Kapillarweite übersteigen) oder daß nicht Spalten und Risse oder von Thieren gegrabene Gänge im Erdreich eine Fortbewegung der vom Wasser aufgenommenen Keime auf weitere Strecken hin ermöglichen. In Anbetracht dessen, daß diese Voraussetzungen für die Dorpater Verhältnisse nicht zutreffen — auch in der Ausfurchung der devonischen Sandsteine treten grobporige Kiese stellenweise bis nahe an die Terrainoberfläche! — und daß der Infektion der Brunnen schon vor beendeter Filtration Thür und Thor geöffnet ist, kann es nicht Wunder nehmen, wenn die in den 90er Jahren im Körberischen Institute ausgeführten bakteriologischen Untersuchungen vieler Dorpater Brunnen immer die Anwesenheit einer sehr bedeutenden Zahl von Spaltpilzen ergeben haben. Hierzu bleibt freilich zu bemerken, daß die Bakterienvegetation in den Brunnen von so vielen verschiedenartigen Faktoren und Zufälligkeiten abhängig ist, daß weder eine Grenzzahl für Bakterien, unter welcher ein Brunnenwasser noch als brauchbar angesehen werden kann, noch auch Vergleichszahlen aufstellbar sind, die den mittleren Keimgehalt eines lange Zeit ohne schädliche Folgen benutzten und daher als „gut“ befundenen Brunnenwassers angeben und zugleich hygienischen Werth besitzen, da ein Wasser reich an unschädlichen Keimen sein kann und infolgedessen nicht beanstandet zu werden braucht, während ein anderes, fast keimfreies Wasser, wenn es pathogene Bakterien enthält oder wenn die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß solche hineingelangen können, als gesundheits-schädlich betrachtet werden muß.

Der Nachweis einer Infektion eines Grundwassers kann nun aber unter Umständen sehr schwer sein. Wenn z. B. zu einem Kubikmeter keimfreien Grundwassers, das in einer Zeiteinheit den Boden passiert, in derselben Zeit nur 1 Kubikzentimeter Leckwasser mit einer Million Mikroorganismen hinzutritt, so enthält jeder Kubikzentimeter Wasser nur einen Keim und doch ist es möglich, daß sich unter dieser relativ so geringen Zahl von Keimen sehr wohl einige pathogene befinden, die zufällig gerade in den untersuchten Wasserproben nicht angetroffen, also übersehen werden können. Zudem ist eine Anzahl von Krankheitserregern schwer mit Sicherheit zu diagnostizieren, ganz

abgesehen davon, daß manche noch unbekannt sind und daß man überhaupt mit der Untersuchung oft zu spät kommt, da während der Zeit von der Infektion bis zum Ausbruch der Krankheit die betreffenden Bazillen im Wasser schon wieder verschwunden sein können. Es genügen für die Beurtheilung eines zu Trinkzwecken zu gewinnenden Wassers also nicht die chemischen und bakteriologischen Untersuchungen allein, sondern es ist vor allem den **lokalen Verhältnissen** die eingehendste Beachtung zu schenken. Sind diese verdächtig, so sollte stets von der Gewinnung des Wassers Abstand genommen werden, wenn man es nicht noch einer nachträglichen Reinigung unterziehen will.

Es sei hierbei die Bemerkung eingeschaltet, daß Typhusbazillen — der Typhus ist ja in Dorpat endemisch — selbst unter den ungünstigsten Bedingungen sich ungefähr eine Woche lang im Wasser erhalten können und daß bei günstigeren Bedingungen, selbst wenn keine Vermehrung eintritt, eine Anzahl von Bazillen wochenlang, zuweilen sogar monatelang existenzfähig bleibt. Desgleichen können sich z. B. Cholera Bazillen bei 0° mehrere Tage, bei 10° Wochen hindurch erhalten.

Wir haben bisher hauptsächlich von den Brunnen als den augenfälligsten Vermittlern einer möglichen Infektion des Grundwasserstroms gesprochen; daß ein gleiches *mutatis mutandis* von undichten Abortgruben — die in Dorpat häufig sog. Schwindgruben sind —, Misthaufen, Pfützen von Sauche und Waschwasser, schlechten Kanälen u. aus geschehen kann, braucht nicht weiter erläutert zu werden.

Von einem gesundheitswidrigen Einfluß der Begräbnißstätten auf das Grundwasser kann im allgemeinen, wenn ihr Betrieb ein ordnungsmäßiger ist, nicht gesprochen werden. Inwieweit die Ordnungsmäßigkeit für die Dorpater Friedhöfe, die über dem Malzmühlengrundwasserstrom gelegen, zutrifft, entzieht sich meiner Kenntniß. Hier sei nur erwähnt, daß neuere Untersuchungen, die sich auf die Bazillen des Typhus, der Cholera, Diphtherie, Tuberkulose, Pest, Enteritis und auf Eitererreger erstreckten, ergeben haben, daß diese Keime schon nach einigen Monaten ihre Lebensfähigkeit verlieren und früher in der Leiche selbst zu Grunde gehen als die äußere Haut für sie durchlässig wird. Aber gleichviel, ob nun auch die aus den Leichen in den Boden eindringenden und durch Sickerwasser ausgewaschenen Stoffe, bevor sie das Grundwasser erreichen, bis zur Unwirksamkeit verdünnt oder durch die chemischen und physikalischen Kräfte des Bodens unschädlich gemacht werden: ein unliebsamer, selbst widerlicher Gedanke bleibt es doch für viele, eventuell ein Wasser genießen zu müssen, das, wenn auch nur zu einem äußerst geringen Theile, einen Zufluß von Begräbnißstätten erhält.

Als Resultat dieser Betrachtungen ergibt sich, daß den bakteriologischen Untersuchungen wohl insofern eine Bedeutung zukommt, als sie erwiesen haben, daß dem von Haus aus sicher keimfreien Grundwasser bei seinem Durchtritt durch den Untergrund des städtischen Terrains eine wenn auch relativ kleine Zahl von Bakterienkeimen zugeführt wird, daß aber diese Untersuchungen nicht in der Weise gedeutet werden dürfen, als sei nun festgestellt, daß die Keimzahl unter keinen Umständen, wenn auch vorübergehend, viel höher anschwellen könne und, was viel wichtiger, daß nicht auch gelegentlich pathogene Bazillen in das Grundwasser gelangen können. Einen entscheidenden hygienischen Werth darf man demnach den bakteriologischen Untersuchungen nicht beimessen und es ist nach wie vor die Gefahr im Auge zu behalten, daß unter den gegenwärtigen Verhältnissen, besonders bei eintretenden Epidemien, die Möglichkeit einer Infektion des Malzmühlengrundwasserstroms durch Krankheitskeime gegeben ist.

Es kann demnach dem Ausspruch Gulekes¹⁾, daß „in bakteriologischer Hinsicht für das Wasser des Malzmühlengrundwasserstroms nichts zu wünschen übrig bleibt“, nicht beigespflichtet werden und wir können auch den Schlußsatz in Gleitzmanns Gutachten (p. 19): „Eine Verunreinigung des Grundwassers durch die Bebauung oberhalb des Malzmühlenteiches findet bis jetzt nicht statt“ nicht in dieser Form unterschreiben. Rechnet man zu den „Verunreinigungen“ die Zuführung von mineralisirter Stadtlauge, so geht eine solche Verunreinigung oberhalb des Malzmühlenteiches vor sich. Will man diesen Standpunkt aber nicht gelten lassen, so muß doch wenigstens die Infektion des Grundwassers mit Krankheitskeimen als „Verunreinigung“ angesprochen werden; daß aber eine solche bis jetzt nicht stattfinde, ist einfach noch nicht nachgewiesen worden und dürfte sich auch schwerlich so leicht nachweisen lassen. Obiger apodiktischer Ausspruch entbehrt mithin der realen Grundlage. Und wenn endlich Gleitzmann weiter schreibt: „Um eine Verunreinigung für alle Zeiten auszuschließen, empfiehlt sich eine einheitliche Kanalisation des gesammten, über dem Malzmühlen-Strome liegenden Stadttheiles und die Herstellung dichter Abortgruben in diesem Stadttheile,“ so ist dem hinzuzufügen, daß nicht nur diese Maßnahmen nöthig wären, sondern auch eine zweckmäßig auszuführende Verschüttung sämtlicher in den Malzmühlengrundwasserstrom reichender und benachbarter Brunnen, wenn man nicht dafür Sorge tragen will, daß dieselben einem in jeder Beziehung einwandfreien Umbau unterzogen werden. Ja selbst dann wäre jede Möglichkeit einer Infektion noch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen, da irgendwo

1) Archiv p. 320.

versteckte Rinnen sich im Boden gebildet haben können, die nach wie vor als Zugangskanäle von infiltrirtem Wasser zu dem z. Th. ja sehr grobporigen Grundwasserträger dienen können.

Ort der zu projektirenden Fassungsanlage des Grundwasserstroms.

Wir haben im geologischen Theil festgestellt, daß ein tiefes präglaciales Thal von Norden her auf Rathshof-Jama zu verläuft und daß die Malzmühlenausfurchung eine leichtere Abzweigung dieses ausgefüllten Thales darstellt. Wir haben ferner im chemisch-bakteriologischen Abschnitt nachgewiesen, daß der in der Malzmühlenausfurchung verlaufende Grundwasserstromzweig eine Verschlechterung seiner Qualität durch zuzickernde Tagewässer erfährt. Dieser letztere Umstand führt uns bei der Frage nach dem in Aussicht zu nehmenden Ort der Grundwasserfassung mit zwingender Nothwendigkeit dahin, nicht den Fuß der Ressourcenterrasse als Fassungsstelle zu empfehlen, wie dies von Guleke und Gleitzmann geschehen, sondern einen Ort, der **außerhalb** des gegenwärtig bebauten städtischen Terrains gelegen und auch für lange Zeit keine große Aussicht besitzt, intensiv bebaut zu werden. Als solches Gebiet kommt, wenn wir uns natürlich nicht unnöthiger Weise weit von der Stadt entfernen wollen, vor allem **das Terrain nördlich des deutschen Kirchhofs in Betracht**. Eine Grundwasserfassung in dieser Gegend bietet derartige in die Augen springende wichtige Vortheile gegenüber der Fassung an der Ressourcenterrasse, daß, wenn zunächst einmal von der Möglichkeit oder Unmöglichkeit des Grunderwerbs oder eines Grund austauschs auf Rathshofer Boden abgesehen wird, man keinen Augenblick im Zweifel bleiben sollte, welcher von beiden Alternativen man den Vorzug zu geben hat. Diese Vortheile sind:

1) Die Gewinnung eines in sanitärer Hinsicht einwandfreien Wassers. In dem gegen Norden sich erstreckenden Speisegebiet des Grundwasserstroms liegen nur ganz vereinzelt Gefinde oder Anwesen, zudem in einer solchen Entfernung von der projektirten Entnahmestelle, daß die in ihrem Bereiche in den Boden übergehenden Auslaugungsprodukte menschlicher und thierischer Abfallstoffe längst völlig mineralisirt sind, bevor sie sich mit dem Grundwasser der Fassungsanlage nähern können, wobei noch zu bemerken bleibt, daß letzteres nicht einmal nothwendig der Fall zu sein braucht. Und selbst wenn dies eintritt, so wird doch die Verdünnung dieser übrigens ja unschädlichen Bestandtheile des Grundwassers eine mehr als tausendfach größere sein, als bei dem mit Stadtlaugen versetzten Grundwasser oberhalb des Malzmühlenteichs. Die Sicherheit, daß keine pathogenen Bakterien in das Grundwasser nördlich der

Friedhöfe gelangen werden, kann bei selbstverständlich sachgemäßer Ausföhrung der Wasserwerkanlagen übernommen werden. In einem gewissen Umkreise (etwa 100—200 m) um die Entnahmefrunden dürften etwaige Felder nur mit mineralischem Dünger besetzt werden.

2) Die Möglichkeit, einen viel ergiebigeren Grundwasserstrom anzuzapfen im Vergleich zum Malzmöhlenstrom. Wenn dies auch für die gegenwärtige Zeit keine unmittelbare Bedeutung hat, da der Malzmöhlenstrom noch auf mehrere Dezzennien hinaus bei wachsender städtischer Bevölkerung diese zu versorgen im Stande ist, so sollte man doch auch die fernere Zukunft im Auge behalten. In dieser würde, wenn erst einmal die doppelte Einwohnerzahl im Vergleich zur gegenwärtigen erreicht sein wird, der Malzmöhlenstrom nicht mehr ausreichen und man würde sich dann nach einer anderen Quelle für die Wasserversorgung umsehen müssen. Jeder richtig vorgehende Hydrologe wird aber bei der Wasserversorgung von Städten immer das Schwergewicht seiner Aufgabe nicht im Auffinden der momentan oder auf einige Dezzennien hinaus genügenden Wassermenge suchen, sondern, wenn nur einigermaßen günstige Vorbedingungen bestehen, eine weitgehende Entwicklungsfähigkeit der Wassergewinnungsanlage im Auge behalten. Da nun in einiger Entfernung nördlich der städtischen Friedhöfe das tiefere präglaciale Hauptthal angetroffen werden muß — in welcher Entfernung, ist durch eine oder einige Bohrungen leicht festzustellen — so besteht hier die Möglichkeit, bei der weit größeren Mächtigkeit wasserführender Schichten diesen auch ein viel größeres Quantum Wasser, wenn es sich in Zukunft nöthig machen sollte, mit Leichtigkeit zu entnehmen.

3) Man wird ein weiches Wasser gewinnen als bei der Kessourcenterrasse, was in Hinblick darauf, daß weiches Wasser sowohl im Haushalt (Kochen, Wäschewaschen) als auch in vielen technischen Betrieben (Dampfkefseispeisung, Gerberei, Färberei u. s. w.) gegenüber einem härteren Wasser nicht zu unterschätzende Vortheile besitzt, wohl zu beachten bleibt. Die größere Weichheit des nördlich der Friedhöfe zu gewinnenden Wassers ist deswegen zu erwarten, weil hier nicht so viele in Zersetzung begriffene organische Stoffwechselprodukte in die Tiefe geführt werden können, so daß weniger Kohlen säure producirt und vom Wasser absorbiert wird, wobei wiederum weniger Kalk und Magnesia in Lösung gelangt. Einen Fingerzeig über die zu erwartende Härte geben bereits die analysirten Wässer der Bohrbrunnen von der Rathshofer Dampf mühle und von Jama, die einen Härtegrad von nur 6 bez. 9½ besitzen gegenüber 16 bis 22 der Brunnen des Malzmöhlenstroms innerhalb des städtischen Terrains, wobei noch zu bemerken bleibt, daß das Wasser der Rathshofer Dampf mühle gleichfalls einer Zuckering von Guts lauge ausgesetzt ist (hoher Gehalt von Ammoniak, Chlor und Natron!).

Die Anlage eines Wasserwerks nördlich der Kirchhöfe wird keine erheblich größeren Kosten verursachen als bei der Ressourcenterrasse, da im wesentlichen nur der ober die Sammelbrunnen in größere Tiefe getrieben werden müssen gemäß der höheren Geländelage, die durch das Aufsteigen des Grundwasserspiegels vom Malzmühlenteiche bis zum Rathshof-Kubjawege nur zu einem geringen Betrage ausgeglichen wird, und da eine höchstens 1 km längere Rohrleitung in Frage kommt. Dagegen dürften sich wahrscheinlich die Betriebskosten vermindern, da das Wasser auf eine geringere Höhe (bis zum Wasserturm) gehoben zu werden braucht infolge der höheren Lage des Grundwasserspiegels und der wahrscheinlich in geringerem Maße erforderlichen Depression bei der Ansaugung der Brunnen.

Ob eventuell eine Enteisenungsanlage in Betracht zu ziehen sein wird, wird erst die Analyse des zu gewinnenden Wassers ergeben. Es muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß der Eisengehalt innerhalb eines Grundwasserstroms auf kurze Entfernungen sehr stark wechseln kann und daß infolgedessen die Eisenarmuth der Malzmühlenteichen auch noch keine Gewähr giebt, daß ein am Fuße der Ressourcenterrasse gewonnenes Wasser gleichfalls eisenarm sein wird. Sehr instruktiv ist in dieser Beziehung z. B. der geringe Eisengehalt des Brunnens auf dem estnischen Kirchhofe ($\text{FeO} = 0.063$) im Vergleich zu dem hohen Eisengehalt des nur ca. 160 m entfernten Brunnens auf dem deutschen Kirchhofe ($\text{FeO} = 0.384$), trotzdem bei ersterem eine stärkere Beimischung unreinen Sickerwassers, das die Eisenverbindungen des Bodens zu lösen vermag, konstatirt werden kann als bei letzterem.

Sollte sich der Erwerb eines Grundstückes nördlich der Friedhöfe auf keine Weise ermöglichen lassen — Rathshof ist Fideikommiß — so steht noch die Möglichkeit offen, auf dem Terrain des Stadtgutes Jama, woselbst das Rathshofer Hauptstromthal durchstreicht, hydrologische Untersuchungen vorzunehmen. Diese Untersuchungen hätten vor allem die Entscheidung der Frage herbeizuführen, ob hier die geschichteten, diluvialen Ausfüllmassen des Thales — sie werden von Geschiebemergel überdeckt — in einer für ein Wasserwerk leicht auszunutzbaren Höhe gelegen sind, und es wird sich erst auf Grund der gewonnenen Resultate erörtern lassen, an welcher Stelle ein eventuell hier zu erbauendes Wasserwerk anzulegen wäre. In Bezug auf Einwandfreiheit und Qualität des Wassers gilt hier das schon beim Rathshofer Projekt Gesagte.

Ich könnte hiermit meinen Auftrag, das Projekt der Wasserversorgung Dorpat's aus dem Malzmühlenstrom zu begutachten, als beendet ansehen. Nichtsdestoweniger seien noch einige Worte über das Dorpater Tiefenwasser gesagt, da, wenn dem Grunderwerb auf

Kathshofer Flur sich unüberbrückbare Hindernisse entgegenstellen sollten oder wenn man dem Jamaer Projekt nicht näher treten möchte — die Kosten dürften sich hier etwas höher belaufen als bei der Kathshofer Variante — und man infolgedessen von einer Grundwasser-versorgung der Stadt in gegenwärtiger Zeit überhaupt absehen würde, zunächst das Tiefenwasser als Nothbehelf in Frage kommen könnte.

Es handelt sich um das in Spalten wahrscheinlich silurischer Kalksteine verlaufende, unter artesischem Druck stehende Wasser. Jene Kalksteine treten in Estland und im angrenzenden nördlichsten Theile Livlands zu Tage, nur überlagert von einer meist wenig mächtigen Decke quartärer Sedimente. Sie besitzen ein schwaches, gegen Süden gerichtetes Einfallen ihrer Schichten und senken sich südlich einer von Kojafer am Peipus nach Tammit verlaufenden Linie unter die hier beginnenden devonischen Sandsteine, so daß sie im Untergrunde Dorpat's nach Durchteufung dieser letzteren angetroffen werden müssen. Da diese Kalksteine gemeinhin stark zerklüftet sind, so finden die atmosphärischen Niederschläge in Estland und im nördlichsten Livland an zahlreichen Orten durch die quartären Sedimente hindurch einen leichten Weg in die Tiefe, bis sie auf eine schwer durchlässige Schicht (meist Mergel) treffen und in Schichtfugen ihren Weg gegen Süden einschlagen, dabei natürlich auch in den tieferen Untergrund Dorpat's gelangend.

Von den Dorpater artesischen Brunnen bringen wahrscheinlich drei in die silurischen Schichten ein, und zwar diejenigen der Brauerei Tivoli, der Gesefabrik und im Hause Bokownew (Marktplatz Nr. 12). Wir können dies nicht mit absoluter Sicherheit aussprechen, da von keinem dieser Brunnen Bohrproben, die eine Entscheidung der Frage herbeiführen würden, vorhanden sind. Wahrscheinlich wird jene Annahme aber gemacht erstens dadurch, daß die nur bis ins Devon reichenden artesischen Brunnen Dorpat's — die tiefsten von ihnen befinden sich, soviel mir bekannt geworden, auf dem Hennig'schen Platz (Pferdemarkt) und im Hause Baron Bruiningk (Ecke Karlowasche und Lodjenstraße) mit 41.5 bez. 43 m unter Embach-Null — nicht entfernt die Ergiebigkeit aufweisen, wie jene drei, und daß weiter den Angaben des Brunnenmeisters Grün zufolge beim Bokownew'schen Brunnen in größerer Tiefe harte Steinschichten, die der mitteldeutschen Sandsteintage, soviel bisher bekannt, fehlen, durchsunken werden mußten.

Es mögen einige Angaben über jene drei Brunnen folgen:

| | Tiefe unter Terrain | Tiefe unter Emb.-Null | Rohrweite | Ergiebigkeit |
|------------|------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------------|
| Tivoli | 340' = 103.6 m | ca. 82 m | 4" | 2 sl (bei 2.4 m Depression) |
| Gesefabrik | 286' = 87.2 " | 84.7 " | 4" | 4 sl (bei 3.4 m ") |
| Bokownew | 271' = 82.6 " | 75.1 " | 4" | 6 sl. |

Die Ergiebigkeit des bis 9 m über Terrain selbstthätig austretenden artesischen Brunnens von Bokownew hat seit seinem Bestehen (Ende Februar 1906) keine oder zum mindesten keine nennenswerthe

Berminderung erfahren. Die in der Versuchsstation am Livländischen Bureau für Landeskultur ausgeführte Analyse dieses Wassers vom 22. April 1906 ergab in 100 000 Theilen:

| | |
|--|--------------|
| Kalk (CaO) | 5.47 |
| Magnesia (MgO) | 4.905 |
| Kali (K_2O) | 1.187 |
| Natron (Na_2O) | 2.639 |
| Eisenoxyd u. Thonerde (Fe_2O_3 u. Al_2O_3) | 0.05 |
| Kieselsäure (SiO_2) | 0.98 |
| Schwefelsäure (SO_3) | 0.383 |
| Chlor (Cl) | 0.258 |
| Halbgebundene Kohlensäure | 10.16 |
| Freie Kohlensäure | 137 cem |
| Freier Sauerstoff | 357 " |
| | <hr/> 26.032 |

Das Wasser enthält wenig organische Substanz (pro Liter 16.5 cem $\frac{1}{1000}$ n Chamäleon, entsprechend der Reduktion von 0.52 Kaliumpermanganat in 100 000 Theilen Wasser), kaum nachweisbare Spuren von Ammoniak, ist frei von Salpetersäure und salpetriger Säure. Temperatur 8.05°C ., Härte 12.3° . Der Gehalt an fester Substanz ist mehrere Mal bestimmt worden und hat sich im Laufe von 2 Monaten nicht geändert.

Wie ersichtlich, liegt also ein gutes, einwandfreies Wasser vor. So günstig aber nun auch die Verhältnisse sind, derartiges Wasser für verschiedene größere Komplexe von Haushaltungen durch je ein bis in die Tiefe von ca. 75—85 m unter Embach-Null getriebenes Bohrloch zu gewinnen, so dürfte doch kein Hydrologe von vornherein auf jenes Tiefenwasser ein Wasserleitungsprojekt für eine ganze Stadt wie Dorpat zu gründen versuchen. Denn erstens entzieht sich der Verlauf der unterirdischen reichen Wasserspalten (wie beim Bokownewischen Brunnen), wenn sie auch im allgemeinen eine nordsüdliche Richtung einhalten werden, einer zuverlässigen Berechnung, und zweitens kann keine Garantie übernommen werden, daß die vielleicht einige Jahre lang gleich leistungsfähigen Bohrbrunnen später nicht doch an Ergiebigkeit zurückgehen.

Wohl aber könnte, wie schon erwähnt, im Falle der Unmöglichkeit des Grunderwerbes auf Rathshofer Gebiet oder des Scheiterns des Jamaer Projektes am Kostenpunkt durch Anlage einer Anzahl artesischer, bis in die wasserreichen Fliesenschichten geführter Brunnen zunächst dem dringendsten Bedürfnisse nach einem einwandfreien Wasser, wenn auch natürlich nicht in einer der Einwohnerschaft bequemen Weise, abgeholfen werden.

Erst im Laufe mehrerer Jahre würde man dann die nöthigen Erfahrungen sammeln können zur Entscheidung der Frage, ob Aussicht

vorhanden ist, eine zukünftige allgemeine Wasserleitung Dorpatz auf das artesische Tiefenwasser zu gründen.

Wie wir gesehen, mangelt es der Dorpater Umgebung nicht an geeigneten reichen Bezugsquellen für eine städtische Grundwasserversorgung. Ja, sie ist im Vergleich zu den hydrologischen Verhältnissen sehr vieler anderer stadtnaher Gebiete von der Natur äußerst splendid versorgt worden. Denn selbst eine Millionenstadt an Dorpatz Stelle würde auf das leichteste ihren Wasserbedarf an den Ufern der Sadjerw – Rajaserfschen Seengruppe durch natürliche Seitenfiltration entnehmen können.

E r g e b n i s s e.

Die Untersuchungen des Unterzeichneten haben folgende Resultate gezeitigt:

- 1) Der Malzmühlengrundwasserstrom führt eine auf mehrere Dezzennien hinaus für Dorpat genügende Wassermenge und es ist durch die Natur und Ausdehnung seines Speisgebietes die Gewähr gegeben, daß seine Ergiebigkeit eine anhaltende sein wird.
- 2) Es ist aus hygienischen Gründen gerathen, die Wasserfassungsstelle nicht an den Fuß der Ressourcenterrasse zu verlegen, sondern in das Gebiet nördlich der Kirchhöfe, da hier das Grundwasser in einer vom gesundheitlichen Standpunkte aus einwandfreien Beschaffenheit und in besserer Qualität, abgesehen von größerer Ergiebigkeit, zu erlangen ist.
- 3) Sollten sich dem Erwerb eines Grundstückes an letzterem Orte unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, dann wäre es gerathen, auf Jamaer Flur hydrologische Untersuchungen behufs Feststellung der Tiefenlage der glacialen Kiese und Sande und ihrer Wasserführung vornehmen zu lassen.
- 4) Nur wenn auch diese Variante am Kostenpunkte scheitern sollte, dürfte es sich empfehlen, durch Teufung einer Anzahl artesischer Brunnen zunächst im Embachthale einem großen Theile der Bevölkerung ein gutes Trink- und Wirthschaftswasser zugänglich zu machen.

Prof. Dr. B. D o ß.

R i g a, den 14. September 1906.

